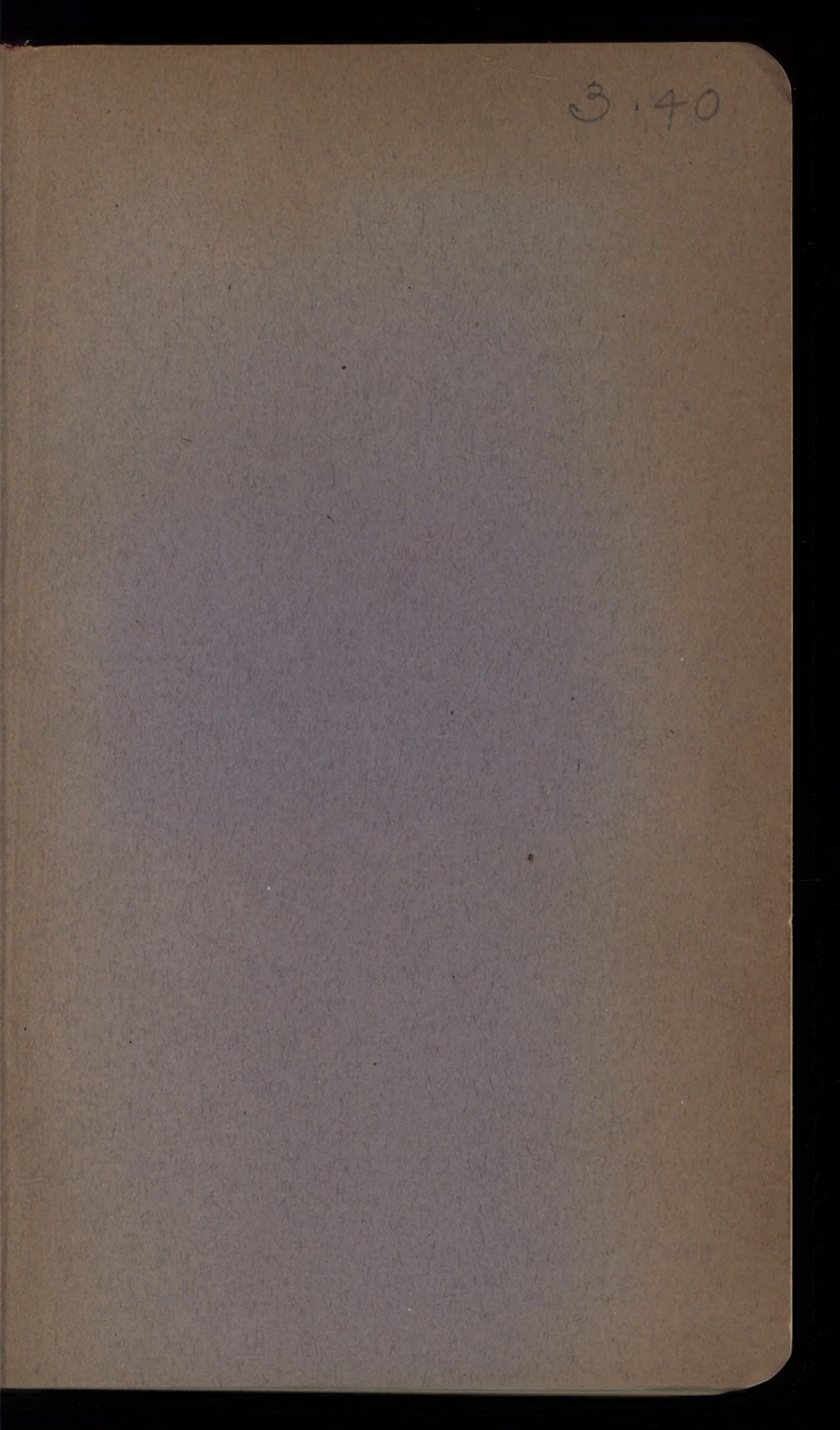


Bibliothèque technologique

A. Granger

La Céramique industrielle

GAUTHIER-VILLARS, Éditeur


3.40

BIBLIOTHÈQUE TECHNOLOGIQUE.

LA CÉRAMIQUE

INDUSTRIELLE.

Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS
35993 Quai des Grands-Augustins, 55.

BIBLIOTHÈQUE TECHNOLOGIQUE.

LA

CÉRAMIQUE

INDUSTRIELLE

CHIMIE — TECHNOLOGIE

PAR

Albert GRANGER,

DOCTEUR ÈS SCIENCES,

PROFESSEUR DE CHIMIE ET DE TECHNOLOGIE CÉRAMIQUE

A L'ÉCOLE D'APPLICATION DE LA MANUFACTURE NATIONALE DE SÈVRES.



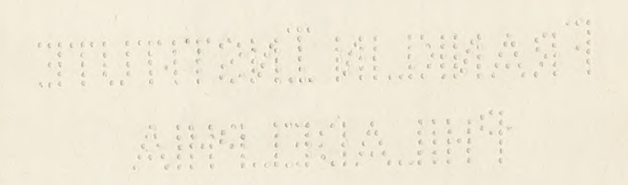
PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1905



INTRODUCTION.

Sous la désignation d'*Industrie céramique* on comprend un certain nombre de fabrications qui, quoique produisant des matières présentant des propriétés un peu dissemblables, possèdent suffisamment de points communs pour pouvoir être groupées sous un seul vocable. On retrouve en effet, dans la confection de toutes les poteries, la même série d'opérations : préparation d'une pâte plus ou moins plastique, façonnage de la pâte et cuisson à haute température des objets façonnés. Toute la Céramique est enfermée dans ce cycle opératoire.

Les matières premières auxquelles on a recours sont de deux sortes : les unes, mélangées d'eau, font pâte et deviennent par suite façonnables, les autres ne sont introduites dans la pâte que pour lui donner certaines propriétés. Les premières matières sont appelées *plastiques,* les secondes *antiplastiques* ou *dégraissantes.* Dans ces dernières substances il y a une distinction à faire de suite : les matériaux antiplastiques peuvent être chimiquement inertes dans la masse ou jouer le rôle de fondants.

Prenons maintenant une de ces matières que nous avons désignées sous le nom de *matières plastiques* (ce sont, pour ainsi dire, toujours des argiles) et façonnons-la après l'avoir mélangée d'eau. Souvent le produit se fabrique

péniblement et, abandonné à la dessiccation, se comporte fort mal; il se fend et se brise en perdant l'eau dont il était imprégné. En additionnant la terre plastique d'une matière dégraissante, mais non fusible, nous pouvons obtenir encore un bon façonnage et une dessiccation régulière. Portons la pièce maintenant desséchée à une température suffisamment élevée pour que l'eau de combinaison de la substance plastique soit chassée; il reste comme produit de cette fabrication une matière dont la structure est poreuse, c'est *une terre cuite*. Le type que nous venons de décrire est bien connu de tous, c'est la *brique*.

La texture poreuse de la masse présente des inconvénients quand on veut se servir de la terre cuite pour faire des récipients destinés à être en contact avec d'autres matières que les matières solides. Ce défaut se corrige en appliquant sur la terre cuite les éléments d'un verre fusible. Passée au feu, la terre cuite enduite de sa *glaçure* perd sa porosité par suite de la formation d'une couche vitreuse imperméable à la surface. Nous nous trouvons en présence d'une *faïence*.

Certaines matières plastiques prennent au feu une texture compacte. Elles renferment de petites quantités de matières fusibles qui, sous l'action d'une température élevée, permettent à la masse de prendre une structure vitrifiée. Ce genre de poterie porte le nom de *grès*.

Enfin, choisissons parmi les substances plastiques une argile cuisant blanc (kaolin), mélangeons-la non seulement à un dégraissant comme le quartz, mais à une matière non plastique mais fusible comme le feldspath. Une masse ainsi formée, avec des matériaux dans des rapports convenables, se vitrifie à haute température et devient translucide. Recouverte d'une couche de feldspath elle

présente, après cuisson, une surface brillante. Nous avons fabriqué de la *porcelaine*. Ces exemples nous montrent que l'on peut, au moyen des matières dont nous venons de parler, faire des céramiques différentes, produits dont la fabrication constitue autant d'industries distinctes.

Nous allons, avant d'aller plus loin, indiquer immédiatement au lecteur quels sont les différents genres de fabrications céramiques et comment on les distingue.

La classification suivante, adoptée presque généralement, me semble la plus nette et la plus simple.

Les produits céramiques forment deux grandes classes : les poteries à pâte poreuse et les poteries à pâte compacte. Ces deux divisions comprennent chacune un certain nombre de familles et de groupes.

CLASSE I. — POTERIES A PATE POREUSE.

La pâte n'est pas très serrée, elle est perméable à l'eau ; la cassure est terreuse.

Première famille. — Terres cuites. — 1. *Terres cuites non réfractaires.* — La pâte est colorée en rouge ou en jaune. La masse se laisse rayer par l'acier. Portées à une température très élevée les terres cuites ordinaires se ramollissent et se déforment ; elles subissent un commencement de fusion. Les argiles employées pour cette fabrication contiennent toujours des composés ferrugineux et calcaires, généralement du sable siliceux. La présence du fer amène la coloration ; les oxydes de fer et de chaux diminuent le degré réfractaire et déterminent la fusibilité.

Les briques, les tuiles, les carreaux rouges appartiennent à cette famille.

2. *Terres cuites réfractaires.* — La pâte est colorée, mais la tonalité est moins intense que la précédente. Les matières premières sont des argiles presque exemptes de chaux et d'alcalis, ne contenant que peu de fer. Les terres cuites réfractaires résistent aux températures les plus élevées que l'on obtient industriellement.

Deuxième famille. — FAIENCES. — Ce sont des terres cuites recouvertes d'un verre fondu pour détruire leur porosité.

1. *Faïences vernissées.* — Ces poteries ont une pâte grossière, ferrugineuse et calcaire, généralement colorée en jaune ou en rouge. La couverte est tendre, presque toujours plombeuse, transparente, incolore ou teintée.

2. *Faïences communes, stannifères.* — La pâte présente les mêmes qualités que celle des faïences précédentes. Pour cacher la couleur de la matière on recouvre ces faïences d'une couverte plombeuse, opacifiée par addition d'oxyde d'étain et présentant alors une teinte blanche uniforme.

3. *Faïences fines.* — La pâte est très siliceuse, dure. On emploie pour sa confection des argiles cuisant blanc; on les additionne de silice et d'un minéral feldspathique. Le rôle de ce dernier minéral est d'agglutiner le tout. La faïence a une pâte blanche, elle reçoit une couverte transparente, incolore, silico-borico-plombeuse ordinairement.

CLASSE II. — POTERIES A PATE COMPACTE.

Ces poteries comprennent les grès et les porcelaines.

Première famille. — Grès. — La pâte a une cassure vitrifiée; elle est toujours colorée. Le grès reçoit une couverte alcaline ou plombeuse.

1. Le *grès ordinaire* ou *naturel* est fait avec une argile vitrifiable. Sa couverte est généralement alcaline.

2. Le grès fin ou composé doit la vitrification de sa masse à l'introduction dans la pâte de matériaux fusibles. On lui applique souvent une couverte plombeuse.

Deuxième famille. — Porcelaines. — *Poteries à pâte translucide et à cassure vitrifiée.*

1. *Porcelaines dures.* — La matière plastique est une argile cuisant blanc (kaolin). La fusibilité est amenée par du feldspath, quelquefois de la craie. La couverte est feldspathique ou feldspathico-calcaire.

2. *Porcelaines tendres.* — La porcelaine tendre *française* ou *artificielle* renferme une argile comme élément plastique et une fritte alcaline comme élément fusible, sa couverte est un cristal.

La porcelaine tendre *anglaise* ou *naturelle* doit sa vitrification à l'introduction de phosphate de chaux dans la pâte. A cet élément près sa pâte se rapproche de celle

des porcelaines dures. Sa couverte est analogue à celle des faïences fines.

Ce court exposé nous a permis de donner une idée rapide des différentes fabrications, cet aperçu était nécessaire au lecteur.

Nous commencerons par étudier les matières premières, puis les généralités communes à toutes les fabrications et nous terminerons par un examen détaillé des diverses industries céramiques.

LA CÉRAMIQUE

INDUSTRIELLE.

CHAPITRE I.

MATIÈRES PLASTIQUES.

Sous ce nom on désigne des substances qui, additionnées d'eau, forment une pâte qui peut se façonner sous l'action de la main.

Le type des matières plastiques est l'argile; d'autres corps, en nombre très restreint, peuvent être rangés à côté d'elle, comme nous le verrons plus loin.

I. — ARGILES.

§ 1. — Généralités.

Les argiles sont des roches terreuses, essentiellement composées de silice, alumine et eau. Leur propriété la plus importante est de faire pâte quand on les mélange avec l'eau; elles prennent du retrait à la dessiccation. Sous l'action d'une température élevée elles perdent de l'eau, deviennent dures et se contractent.

L'argile n'est pas une roche primitive, c'est un produit secondaire provenant de la destruction de matériaux anciens, silicatés et alumineux.

Parfois on la rencontre dans les dépôts primaires, au voisinage

de roches feldspathiques; on la trouve aussi dans les formations secondaires, en masses apportées par les eaux et jusque dans les alluvions les plus récentes. La première origine est la plus restreinte, mais elle donne les produits les plus purs, la seconde est la plus fréquente et ses dépôts sont extrêmement puissants.

Les argiles peuvent être plus ou moins mélangées de la roche mère qui leur a donné naissance, elles peuvent également avoir entraîné dans leurs déplacements des minéraux rencontrés sur leur chemin; on comprendra donc facilement que, suivant la lenteur et la nature des actions mécaniques ou chimiques, autrement dit suivant les phénomènes géologiques qui ont traversé la région de formation, on trouvera, dans la nature, des argiles qui, quoique dérivant d'un type général commun, pourront montrer des différences assez nombreuses par suite d'accidents secondaires. Ainsi les argiles se présenteront avec des colorations variées. Les argiles les plus pures sont blanches, mais le plus souvent les argiles sont plus ou moins grises, quelquefois bleues ou noires et fréquemment jaunes, rouges ou brunes. Ces diverses teintes sont dues aux matières étrangères retenues dans la masse et elles varient naturellement avec la proportion et la nature des impuretés.

On rencontrera également des plasticités différentes dans les argiles; la structure intérieure n'est pas la même pour toutes les terres et de plus les corps étrangers, mêlés à la matière argileuse, modifient la plasticité suivant leur état physique et leur composition.

Toutes ces différences dues à la coloration, à la plasticité, à la composition chimique de la masse n'empêcheront pas de rattacher ces roches à un type commun.

En effet, ces roches, comme nous le verrons plus loin, ont pour base un silicate d'alumine hydraté. Les corps additionnels que l'on rencontre n'ont pour effet que de limiter les usages des argiles en empêchant, par leur présence, leur emploi dans telle branche de l'industrie céramique.

Propriétés physiques. — L'argile plastique est grasse au toucher et brillante à la cassure; sa dureté est très faible.

Elle se ramollit au contact de l'eau, absorbe ce liquide (une argile peut contenir jusqu'à 70 pour 100 d'eau sans dégoutter) et devient plastique.

Elle absorbe également d'autres substances telles que l'huile, les matières colorantes, les gaz. Un morceau d'argile immergé dans une solution de matière colorante s'imprègne de cette substance qui reste dans la masse argileuse lorsqu'on étend d'eau la liqueur.

Certaines argiles montrent une extrême perméabilité pour l'eau et ont à l'état humide une odeur particulière.

Une argile humide durcit et diminue de volume pendant la dessiccation; on appelle *retrait* cette contraction résultant du départ de l'eau. Cette contraction peut amener l'effritement de la masse si elle se produit rapidement, car, pendant que les portions externes se dessèchent et se contractent, les parties intérieures des blocs d'argile sont encore humides et ne suivent pas le retrait. Il en résulte des tractions qui amènent la production de fentes plus ou moins nombreuses, déterminant la destruction progressive du bloc et sa réduction en petits fragments. La gelée et le dégel produisent aussi le même effet, car les dilatations et contractions déterminent l'effritement des morceaux.

Le retrait provenant de la dessiccation varie avec la manière dont l'argile a été traitée et ce fait a son importance au point de vue du façonnage. Les pièces étirées prennent plus de retrait que les pièces fabriquées par compression : ceci ne demande pas d'explications et se conçoit aisément. Nous ferons remarquer, comme suite de cette observation, que toute inégalité dans les pressions supportées par la matière plastique pendant le façonnage amènera fatalement une déformation; les parties les plus serrées, devant prendre moins de retrait que les parties lâches, détermineront forcément un gauchissement.

L'argile séchée redevient plastique par une addition d'eau.

Action des réactifs. — L'acide fluorhydrique transforme les argiles en fluorures; la silice se dégage à l'état de fluorure de silicium. L'argile pure est totalement décomposée par l'acide

sulfurique chaud; l'acide chlorhydrique et l'acide azotique l'attaquent plus ou moins complètement. Ce dernier réactif, à 1,10 de densité, chauffé à 210° en tube scellé avec un kaolin pur, le détruit totalement en 2 heures. L'action de l'acide chlorhydrique sans pression est plus lente; en chauffant entre 70° et 90° pendant 6 jours un kaolin du Limousin avec de l'acide de densité 1,10, on a trouvé 93,4 pour 100 de matière soluble, alors qu'un traitement complet préalable à l'acide sulfurique en avait indiqué 94 pour 100.

Les diverses argiles se comportent de même sous l'action des acides, la partie essentiellement argileuse est attaquée par l'acide sulfurique chauffé jusqu'à émettre des vapeurs; l'acide azotique sous pression et l'acide chlorhydrique à la pression ordinaire agissent de même. L'acide chlorhydrique nécessite seulement un contact prolongé pour donner une décomposition totale de la matière soluble.

Certains anhydrides attaquent les argiles, par exemple l'anhydride borique; par l'action du silicate sur l'anhydride borique, il y a formation d'une masse vitreuse plus altérable par les réactifs que le silicate primitif.

Les alcalis en fusion, les terres alcalines et les carbonates correspondants transforment les argiles en silico-aluminates alcalins et alcalino-terreux solubles dans les acides.

Si l'on soumet les argiles à l'action d'une solution de potasse caustique de densité 1,08, à l'ébullition on constate qu'il y a décomposition et, par plusieurs traitements successifs, on peut arriver à décomposer une grande partie de la matière argileuse.

Les fluorures acides se comportent comme l'acide fluorhydrique.

Les bisulfates fondus ont une action analogue à celle de l'acide sulfurique.

Certains oxydes métalliques réagissent aussi sur les argiles à une température voisine du rouge; tels sont l'oxyde de plomb, l'oxyde de bismuth, par exemple.

En général, toutes les matières capables d'apporter les éléments d'un silicate basique altèrent les argiles sous l'influence de la chaleur et donnent des silicates complexes, relativement

fusibles. Beaucoup des impuretés que renferment les argiles sont dans ce cas (roches alcalines, composés ferrugineux, calciques ou magnésiques) et leur présence a pour effet d'abaisser le degré réfractaire de l'argile.

Chauffée dans le petit tube au chalumeau, l'argile se brise. Elle donne une coloration bleue avec le sulfate de cobalt.

Action de la chaleur. — Soumise à l'action d'une température suffisante pour la déshydrater complètement, l'argile devient dure et sonore. Cette température est comprise entre 700° et 800° pour les argiles à base de kaolinite [1]. L'argile déshydratée perd sa plasticité et reste sans action vis-à-vis de l'eau; il est impossible d'hydrater ce nouveau silicate.

La solubilité dans les réactifs a diminué; l'argile cuite ne se laisse plus attaquer qu'imparfaitement par les acides. Un kaolin qui contenait 97,4 pour 100 de matière soluble, après avoir été porté à 1000°, n'a plus abandonné à l'acide chlorhydrique, dans les conditions énoncées plus haut, que 33,5 pour 100.

Un second retrait accompagne le départ de l'eau de constitution. Après cuisson, la matière, s'étant transformée en un autre silicate, a pris des propriétés nouvelles. Ce silicate anhydre prendra du retrait sous l'action du feu et la contraction variera avec la température à laquelle il a été porté; elle suivra l'ascension de la température.

Les argiles pures sont réfractaires. Il n'en est pas de même des argiles communes; le plus souvent les impuretés amènent de la fusibilité par suite de la formation de silico-aluminates avec les bases contenues dans les corps étrangers. Les oxydes de fer provenant des pyrites et la craie que l'on rencontre dans beaucoup d'argiles diminuent considérablement le pouvoir réfractaire et rendent ces matériaux complètement impropres à supporter une température un peu élevée.

Les argiles non réfractaires prennent, sous l'action de la chaleur, un grand retrait, car, une fois déshydratées, elles conti-

---

[1] LE CHATELIER, *Comptes rendus*, t. CIV, p. 1445 et 1517; *Bulletin de la Société Chimique*, 1887, t. I, p. 913; t. II, p. 116.

nuent à se contracter si on les porte à une température qui n'est pas trop éloignée de leur point de fusion. Les molécules se rapprochent et forment une masse serrée.

En même temps que les argiles changent de nature chimique sous l'influence de la chaleur, elles se colorent plus ou moins pendant la cuisson. Le fer est le principal agent de cette coloration et, suivant que l'atmosphère a été réductrice ou oxydante pendant l'opération, la masse devient grise, verte, jaune ou rouge. L'intensité de la teinte varie avec la richesse en composés du fer. Le fer n'est pas le seul agent colorant, le titane et le vanadium se rencontrent fréquemment dans les gisements, mais toujours en très petite quantité, surtout le dernier de ces éléments. L'acide titanique pur n'est pas un colorant par lui-même, mais, en présence du fer, il donne des jaunes roux; l'acide vanadique ne se manifeste pas forcément immédiatement, mais il vient ressuer à la surface en taches d'un vert jaune. En résumé, tous les oxydes colorés ou capables de donner des combinaisons colorées avec des corps renfermés dans l'argile manifesteront leur présence après cuisson s'ils sont en quantité suffisante. En général, les composés du fer dominent et les colorations données par ce dernier métal sont surtout celles que l'on observe.

Les matières organiques n'ont pas d'influence au point de vue de la coloration après cuisson, car elles se détruisent naturellement sous l'action de la chaleur. Néanmoins, comme l'argile, et en particulier l'argile rouge, absorbe facilement le carbone divisé, par un enfumage convenable, on peut obtenir des terres cuites noires, devant leur coloration au carbone incorporé.

Constitution physique. — Quelques argiles, vues avec un grossissement suffisant, laissent voir une forme cristalline, d'autres ont l'apparence de fragments informes ou de particules extrêmement fines. Les argiles les plus divisées, dont les particules sont formées de cristaux rompus en grande partie, sont celles qui ont parcouru le chemin le plus long depuis le lieu de leur formation jusqu'au dépôt actuel; elles sont plus plastiques

que les kaolins purs (ces derniers n'ont pas été déplacés et on les retrouve sur les lieux d'origine) dont la structure cristalline est reconnaissable sans aucun doute. Dans toutes les argiles où l'on a vu des cristaux on a reconnu des lamelles hexagonales qui sont souvent groupées en faisceaux prismatiques.

Pour Schumacher ([1]) l'argile est formée de particules irrégulières et la plasticité se trouve liée à la dimension de ces débris. Les particules ont des dimensions très faibles dans les argiles grasses, et au contraire leur texture est grossière dans les kaolins anglais (China-clay) et surtout dans les Peper-Clay, qui sont peu plastiques.

Nous ne nous étendrons pas outre mesure sur cette question, qui est plus du ressort de la Minéralogie et de la Géologie que de la Céramique, et nous donnerons pour terminer les résultats d'un travail de Hussak. En examinant sous le microscope de la kaolinite, trouvée à Denver (Colorado), dans la National Belle Mine sur les fissures des excavations d'un trachyte, et des kaolins connus d'Angleterre, de France et de Bohême, ce savant en a conclu que : la kaolinite est monoklinique, les cristaux se rapprochent beaucoup par leurs angles du système hexagonal et se présentent sous forme de tables surmontées de dômes ou de pyramides. Les cristaux un peu épais présentent des fissures correspondant, non à des déchirures, mais à des directions de clivage.

Dans les kaolins qui, comme nous le disions, n'ont pas été déplacés, on retrouve facilement cette structure lamellaire. Après lavage il n'est plus possible de retrouver cette texture régulière, les lamelles sont déplacées, choquées et brisées.

Les argiles de sédiment ont la forme de débris courts et interrompus, disposés en plans parallèles dont la direction est celle de la stratification. Ces couches commencent souvent sur une grande épaisseur et se terminent en feuilles minces qui se distinguent à peine des schistes.

Dans cette dernière série, les schistes argileux, l'argile est sèche, dure et compacte, sans trace de plasticité.

([1]) *Sprechsaal,* 1885, n° 24, p. 183.

Formation des argiles. — Les argiles proviennent de la destruction de minéraux silicatés et alumineux soumis à des actions chimiques et mécaniques. L'action combinée de l'eau et du gaz carbonique est un puissant agent de désagrégation ; l'eau chargée d'acide carbonique a des propriétés différentes de celles de l'eau pure, comme on le sait, aussi peut-elle servir de véhicule pour éliminer certaines matières. La destruction de la roche est accompagnée de réactions secondaires provoquées par l'arrivée sous forme soluble d'alcalis, de chaux, de magnésie, d'oxydes de fer, de manganèse, etc. Le terme de la réaction est la formation de composés aluminiques hydratés et silicatés. Les corps ainsi produits ne sont presque jamais purs, ils renferment des minéraux accessoires et des débris des roches mères. On conçoit facilement quelle peut être la variété des corps ainsi produits, étant donnée la variété des roches primitives mises en jeu et leur état de désagrégation variable avec les actions mécaniques qu'elles ont subies; les variations de température, le frottement et l'usure provenant de matériaux traînés par l'eau, le gel et le dégel sont autant d'agents influant sur le résultat final.

Dans l'état actuel de la Science, il est difficile de décrire avec une absolue certitude tous les phénomènes de la transformation des roches en argile, ou *kaolinisation.* Nous savons que les roches qui contiennent soit du feldspath, soit des silicates basiques tels que le pyroxène et l'amphibole, sont attaquées par les eaux chargées d'acide carbonique. Il se fait des carbonates alcalins ou alcalino-terreux qu'on reconnait à l'effervescence de la roche quand on la traite par les acides; les silicates alumineux donnent naissance à un produit analogue au kaolin ([1]), d'où le nom de *kaolinisation,* attribué à ce mode d'altération des roches. D'ailleurs les silicates alcalins, en se transformant en carbonates, abandonnent de la silice et, si le passage des eaux d'infiltration est assez rapide pour qu'elles ne puissent pas enlever cette silice par dissolution à mesure qu'elle se sépare, on la voit demeurer dans la roche altérée. Lorsque celle-ci con-

---

([1]) EBELMEN, *Comptes rendus,* t. XX, p. 1415.

tient des grains de quartz ces derniers restent inattaqués, mais la kaolinisation du feldspath qui les entourait et l'entraînement par les eaux de l'élément argileux ameubli laissent le quartz en grains isolés et c'est ainsi que, sous la seule influence des eaux d'infiltration, la plupart des roches granitiques se transforment en arènes. Ce qui prouve bien que la kaolinisation des roches granitiques est l'œuvre de l'air humide, aidée par les variations de température de l'atmosphère, c'est qu'elle ne se produit pas d'une manière appréciable en Égypte.

Dans ce pays, favorisé d'un climat très égal et absolument sec, le granit se conserve à travers les siècles sans altération sensible ; au contraire, à Saint-Pétersbourg, cette roche, même quand elle a été polie, se détériore très rapidement. Il importe d'observer qu'en parlant de la kaolinisation des roches feldspathiques nous n'entendons nullement attribuer aux eaux d'infiltration la formation des grands gisements de kaolin, tels que ceux du Limousin. Ces gisements sont en rapport intime avec certaines roches cristallines et doivent être considérés comme contemporains de l'éruption de ces dernières.

La kaolinisation due aux eaux météoriques est purement superficielle et, si elle peut avoir donné naissance, çà et là, à quelques veines d'une argile assez pure pour mériter le nom de *kaolin,* il y a loin de ces formations très restreintes aux grands gisements exploités pour la fabrication de la porcelaine.

On trouve dans certains ouvrages des jeux de formules destinés à interpréter la transformation des roches, du feldspath par exemple, en kaolin. Comme aucune vérification n'a été faite de ces spéculations nous ne les reproduirons pas.

La présence du kaolin dans le voisinage des gîtes stannifères a été signalée fréquemment par les géologues. Ces derniers ont été amenés à penser que l'altération de la roche mère était due à l'action de l'acide fluorhydrique. M. Daubrée a pleinement adopté cette manière de voir et maintenant cette opinion est classique, *on la trouve exposée dans les Traités de Géologie* (1).

Il est difficile d'enfermer la question de la formation des

---

(1) De Lapparent, *Traité de Géologie.*

argiles dans un cercle bien étroit. Nous ne possédons pas encore de détails sur le processus chimique qui a déterminé l'altération de la roche; nous ne pouvons pas être plus affirmatif sur l'élément rocheux qui donne naissance à la kaolinite. Brongniart dit avoir rencontré des cristaux de feldspath entièrement changés en matière kaolinique, mais nullement déformés.

Nous savons cependant que les argiles kaoliniques, argiles qui se trouvent sur le lieu même de leur formation, ne se rencontrent que dans les terrains primitifs. Ce sont surtout les terrains granitiques qui constituent le vrai gîte des kaolins (Saint-Yrieix, Louhossoa, les Pieux, Aue, Zettlitz); toutefois dans les massifs de porphyre (Morl, Seilitz) et de gneiss (Saint-Yrieix) peuvent se trouver encore des gisements kaoliniques. Les couches dioritiques ne sont pas non plus exemptes de kaolins; dans les environs de Passau (Bavière) se trouvent des gisements de ce genre.

Les argiles de sédiment se distinguent des argiles primaires par leur éloignement de leur lieu de formation. Les phénomènes géologiques produits après leur naissance les ont entraînées et ont amené leur dépôt dans des régions éloignées, comme c'est le cas des argiles plastiques.

Nous verrons plus loin que, si nous connaissons encore mal la nature des marnes, nous savons peu de choses sur leur origine.

L'étude détaillée de la formation des argiles n'étant pas du domaine d'un ouvrage industriel, nous nous bornerons à ces quelques indications ([1]).

§ 2. — Étude des diverses sortes d'argiles.

Les argiles se présentent avec des états physiques et chimiques très différents. Dans les unes, la plasticité est très développée. La matière sèche donne une masse tendre, grasse au toucher, se polissant au frottement de l'ongle et happant à la

---

([1]) On peut consulter à ce sujet : Ebelmen, *Ann. des Mines,* 1845 et 1847; De Lapparent, *Géologie,* 1885, p. 328, etc.

langue. Humidifiée suffisamment, elle forme une pâte épaisse, cédant sous le doigt, s'aplatissant et s'étirant facilement; l'argile se façonne, mais adhère aux corps avec lesquels elle est en contact, elle colle aux doigts et s'en détache difficilement. Les argiles de cette catégorie sont dites *grasses*.

Les argiles maigres sont encore des argiles plastiques, mais leurs propriétés, au point de vue de la plasticité, sont peu développées. Elles forment pâte avec l'eau et se laissent façonner, mais leur pâte est courte et peu liante. L'argile grasse pourra être additionnée d'une substance antiplastique et garder ses facilités de façonnage; l'argile maigre, au contraire, perdra toutes ses qualités si elle se trouve mélangée à de grandes quantités d'un corps inerte, elle deviendra alors rebelle au façonnage.

On rencontre dans les argiles divers types. Leur nature physique a son influence au point de vue du travail de la matière, mais la constitution joue un rôle considérable et détermine les aptitudes d'une matière plastique à servir à telle ou telle fabrication. Ces différences amènent à faire des distinctions dans les différentes roches argileuses que l'on rencontre dans la nature. Nous allons les examiner spécialement au point de vue céramique.

Les argiles peuvent être ramenées à deux groupes distincts : les argiles que l'on trouve sur leur lieu de formation ou kaolins et les argiles que l'on rencontre disposées dans des terrains où elles n'ont pas pris naissance. Ces dernières sont des argiles de sédiments.

Ces argiles vont se présenter dans la nature avec des propriétés très différentes et, sans avoir traité jusqu'ici la question de la composition des argiles, rien qu'avec ce que nous savons de l'action des réactifs sur les argiles, nous pouvons prévoir l'action d'un certain nombre de corps accessoires et l'emploi auquel seront aptes ces matières.

Kaolins. — Les *kaolins* sont des minéraux terreux dont la consistance est friable. Leur couleur est souvent très blanche. Ils ne fondent pas à la plus haute température obtenue dans les

fours céramiques s'ils ont été débarrassés par un traitement convenable des fragments de minéraux fusibles qui les accompagnent dans leur gisement.

La roche kaolinique sera, en conservant la phraséologie de Brongniart, la roche naturelle; nous appellerons *kaolin* l'argile séparée de cette masse par lavage, le kaolin est constitué par de la kaolinite associée à une quantité plus ou moins grande de débris minéraux. Ces débris ont une influence qui n'est pas négligeable. Au point de vue physique le quartz diminue la plasticité, le mica divisé a, au contraire, peu d'influence puisqu'il peut jouer le rôle d'élément plastique s'il est en fragments suffisamment fins. La présence du mica influe chimiquement, ce minéral apporte des alcalis et par conséquent diminue le degré réfractaire.

Le bon kaolin ne doit pas prendre de coloration après cuisson. S'il est plastique, il est apte à la fabrication de la porcelaine. A côté de ces kaolins recherchés, on trouve aussi des kaolins maigres, autrement dit peu plastiques; leur grain est grossier, leur masse ne garde pas toujours une belle blancheur après cuisson. Ce sont des kaolins de second ordre, on les emploiera pour la confection de la faïence fine.

Quand les kaolins ne renferment pas de trop grandes quantités de minéraux, on les nomme kaolins argileux; au contraire, s'ils renferment par trop de débris de roches, ils sont rèches sous la main, grossiers, peu plastiques, on les appelle alors *kaolins caillouteux.*

Les gisements de kaolin les plus beaux de France sont ceux du Limousin. Ceux de Saint-Yriex sont renommés; ils proviennent de la décomposition de gneiss et d'amphibolite.

Dans la Dordogne on cite (mais à tort) les kaolins des Eyzies [1].

Le massif granitique des Pyrénées contient aussi du kaolin, des amas importants se trouvent à Zubelette, Macaye, Louhossoa. Le terrain est surtout pegmatifère et micacé. Ces pegmatites sont accompagnées de gneiss décomposé analogue à celui qui se trouve dans le Limousin.

---

[1] Ce sont des argiles, car la roche de décomposition fait défaut.

D'autres régions granitiques nous offrent des gisements kaoliniques. Le premier gîte de kaolin que l'on a reconnu en France est celui d'Alençon. La matière qu'il fournit n'a pas une grande renommée.

La terre des Pieux (près Cherbourg) est constituée par du kaolin peu plastique. Les débris de roches sont assez abondants. Ce kaolin alterne, dans le gisement, avec une syénite et un granite tous deux désagrégés.

En Bretagne on exploite de bons kaolins assez purs (à Flemet, près de Loudéac).

Le bassin de l'Allier n'est pas dépourvu de gisements, mais les matériaux qui s'y trouvent n'ont pas les belles qualités des kaolins du Limousin. Un certain nombre de ces kaolins ne sont bons qu'à la fabrication de la faïence fine. Les porcelainiers du Berry consomment pourtant des kaolins de l'Allier. La principale exploitation est à Beauvoir. Le gisement de Beauvoir est constitué par des sables kaoliniques dans lesquels on trouve les roches suivantes : quartz, mica, cassitérite.

On trouve en Allemagne également d'importants gisements. L'un des plus anciens était le gisement d'Aue, près Schneeberg dans l'Erzgebirg (Saxe) au milieu de granite altéré, il est actuellement épuisé. Toujours en Saxe nous trouvons le kaolin de Seilitz, près Meissen, et Sornzig, près Oschatz. Le kaolin se trouve au milieu de porphyre désagrégé. Macka, Eibau, Sosa, Eisenberg renferment aussi des gisements.

Le kaolin de Halle, ou plus exactement de Morl, en Prusse, est connu par son emploi à la manufacture royale de porcelaine de Berlin; il provient de la destruction d'un porphyre. Le massif de l'Erzgebirg est kaolinifère en plusieurs endroits, les gisements de Muldenstein, Lettin se sont formés aux dépens du porphyre de l'Erzgebirg.

En Bavière le kaolin de Passau est employé depuis longtemps. La masse du terrain est formée d'amphibolite, de diorite schistoïde renfermant des lits de gneiss et de pegmatite. Ces roches ont donné naissance, par leur altération, à un kaolin terreux, onctueux, dans lequel on a rencontré parfois des fragments de graphite. Sous le nom de kaolin de Passau on désigne en

réalité les terres argileuses d'une série de gisements avoisinants. Les environs d'Aschaffenbourg, la Franconie, le Palatinat possèdent des exploitations de gisements formés par la décomposition de granites et de gneiss.

En Autriche les plus beaux kaolins proviennent de la Bohême. Les kaolins de Zettlitz, de Carlsbad sont renommés et employés dans les fabriques de porcelaine environnantes. Ces kaolins ont des qualités plastiques remarquables, ils proviennent de la destruction de granites. D'autres gisements, en Bohême, se trouvent près de Pilsen, entre autres.

En Galicie, en Hongrie, on rencontre également des dépôts de kaolins.

L'Italie possède également des dépôts kaoliniques. Un des plus anciennement cités est celui de Tretto, près Schio. Il provient de l'altération d'une eurite qui se trouve dans la base de la montagne de Tretto. Dans l'île d'Elbe et à Chiesi on trouve aussi des argiles kaoliniques.

Le Royaume-Uni possède aussi du kaolin. Dans les Cornouailles et dans le Devonshire se rencontrent des matières kaoliniques suffisamment pures pour la fabrication de la porcelaine. Ces matériaux sont surtout consommés pour la fabrication de la faïence fine.

La Russie, dont l'industrie céramique se développe considérablement en ce moment, recherche avec soin les emplacements argileux qui se trouvent sur son territoire.

On a rencontré des kaolins principalement dans les gouvernements de Tschernigow, Glanikow, Cherson, Wolyn, Podolsk et Iekaterinoslaw; ces gisements sont exploités.

En dehors de ces grands pays, dans lesquels l'industrie céramique est développée ou va se développer, d'autres pays contiennent des gisements kaoliniques : Bornholm (Danemark), Ifösces (Suède), Oporto (Portugal), Almançon, Alsabdil et Alhambra (Espagne).

Certainement que, hors d'Europe ([1]), il doit y avoir des amas

---

([1]) Il y a des gisements connus, entre autres aux États-Unis, au Mexique, au Queensland en Australie.

puissants de kaolins; ces dépôts sont encore mal connus. Les documents certains font défaut sur la plupart des exploitations.

Argiles sédimentaires. — Ces argiles ne se rencontrent pas dans le terrain même où a lieu leur formation; elles se rencontrent dans les terrains de sédiment. La position la plus fréquente est le dépôt au-dessous des terrains tertiaires. Leur limite inférieure semble être aux terrains crétacés et néocomiens.

On trouve aussi dans les terrains houillers des lits d'argiles et de schistes argileux.

Les argiles plastiques se présentent en amas à peu près lenticulaires; elles sont comme déposées dans des bassins en modules ellipsoïdes.

A côté des bancs d'argiles, il faut citer les dépôts limoneux que l'on rencontre dans les larges vallées, à toutes les embouchures des grands fleuves.

Ces terres plastiques sont très impures et renferment beaucoup de matières étrangères.

Il en est de même des terres employées pour la confection des briques, et que l'on extrait souvent au lieu même où se fait la construction.

Les argiles qui forment les dépôts argileux cités plus haut renferment toujours des matières étrangères, mais dans ces gisements l'élément argileux domine considérablement. Au contraire, ces argiles auxquelles nous faisons allusion en dernier lieu sont très mal définies.

Les marnes, que l'on avait considérées pendant longtemps comme constituées par un mélange d'argile et de carbonate de calcium, sont des matériaux argileux de composition différente de celle des argiles ordinaires. Elles contiennent, en effet, du carbonate de calcium, mais la substance plastique semble un silicate d'aluminium différent de celui qui forme les kaolins et les argiles plastiques.

L'état physique des argiles et la nature des impuretés contenues dans ces substances décident de leur utilisation dans les industries céramiques.

Les argiles peu plastiques seront d'un emploi difficile, celles qui seront trop grasses nécessiteront l'addition d'un corps non plastique (dégraissant). Les terres prenant au feu une coloration devront naturellement être exclues de la fabrication des poteries à pâte non colorée, les argiles fusibles seront impropres à la confection d'objets devant supporter une température élevée. Dans l'étude des fabrications, nous insisterons sur les qualités que doivent présenter les argiles pour une fabrication déterminée; nous nous contenterons ici d'exposer les principaux types d'argile utilisés.

Au point de vue céramique, ces argiles peuvent être divisées en deux groupes : les argiles réfractaires et les argiles fusibles.

Les premières supportent les températures industrielles les plus élevées sans accident. Les argiles fusibles, au contraire, fondent dès qu'on les soumet aux températures supérieures à 1000°; dans un four à porcelaine, par exemple, elles se ramollissent et s'agglomèrent plus ou moins suivant leur degré de fusibilité.

Ces différences sont dues à l'absence ou à la présence de matières étrangères telles que les composés calcaires, ferrugineux, terreux ou alcalins.

Les traces de ce produit (que l'on rencontre presque toujours dans les argiles) sont sans influence, mais dès que l'ensemble des bases autres que l'alumine atteint quelques centièmes le degré réfractaire se trouve considérablement amoindri.

Sous le nom d'*argiles plastiques,* on désigne des argiles possédant une pureté relative, jointe à une grande plasticité. Ces argiles ne contiennent guère, en plus du silicate d'aluminium hydraté, que du sable quartzeux.

Le mica, les composés ferrugineux, magnésiens ou calcaires n'y sont contenus qu'en faible quantité, aussi ces argiles sont-elles réfractaires.

Après cuisson, leur coloration est souvent peu développée. Les plus belles espèces cuisent blanc ou grisâtre, elles sont recherchées pour la fabrication de la faïence fine.

Quand ces argiles prennent une coloration décidée après cuisson, elles ne sont plus employables par les faïenciers,

mais elles peuvent servir à la confection des produits réfractaires.

On rencontre ces sortes d'argiles en amas puissants encore assez répandus. Les principaux gisements sont :

En France, dans le bassin de la Marne, dans le bassin de la Seine voisin de l'Aube et de l'Yonne (Rilly, Provins, Sézanne, Esternay, Montereau), dans le Poitou, le Berry, la Normandie (Randonnai, Dreux).

En Allemagne, le Rheinland, le Palatinat, la Saxe, la Westphalie, la Silésie et la Poméranie renferment des dépôts très importants. La Hesse, le Mecklembourg, la Bavière sont également bien pourvus.

En Autriche, on rencontre les gisements de la Bohême, du Tyrol, du Steiermark, des provinces de Kärnten, de Mähren. En Hongrie également se trouvent des argiles réfractaires plastiques.

Dans le Royaume-Uni, les argiles du Dorsetshire et du Devonshire alimentent le district des poteries. Le pays de Galles, l'Écosse renferment aussi des amas d'argiles.

En Russie, l'Oural, la région méridionale, les gouvernements polonais possèdent des exploitations de terres réfractaires.

En résumé, les argiles plastiques réfractaires sont assez répandues à la surface du globe, comme on peut en juger par les exemples que nous venons de donner.

Certaines argiles réfractaires que l'on rencontre dans les terrains siluriens et dévoniens ont une structure schisteuse qui ne leur permet pas d'avoir une plasticité aussi développée que celle des argiles plastiques ordinaires. Ces matières trouvent toutefois un emploi dans cretaines fabrications.

Les terres de pipes sont des argiles réfractaires ne prenant au feu que peu de coloration.

Dans d'anciens Ouvrages, on trouve le nom d'*argile figuline* pour désigner des argiles moins pures que les précédentes. L'argile figuline renferme du calcaire, du fer (à l'état de pyrites ou d'oxyde), et du sable quartzeux. Elle n'est pas réfractaire et se ramollit à haute température. Une fois cuite, elle a toujours une coloration jaune ou rouge accentuée. Ces sortes d'argiles

sont employées pour fabriquer les briques, les poteries et les faïences communes.

Les terres à briques sont de toutes les argiles les plus répandues. On ne leur demande que de répondre à un petit nombre d'exigences. Une terre à briques doit pouvoir se façonner aisément, se dessécher sans se déchirer et supporter l'action du feu, employé pour sa cuisson, sans déformation ni fusion. Dans beaucoup de régions, la terre même de la localité est apte à répondre à ces desiderata; la terre enlevée pour les fondations sert à la confection des briques.

Les argiles non réfractaires, qui se colorent au feu et qui peuvent résister à la température nécessaire pour la cuisson des briques, sont, en général, bonnes pour la briquetterie. Il est nécessaire toutefois que parmi les impuretés qu'elles renferment il n'y ait pas de corps dont la présence soit préjudiciable pour la confection, la conservation et la durée des produits.

Les argiles à briques n'ont donc pas à répondre à beaucoup de conditions, aussi représentent-elles les matières plastiques les plus répandues. La présence de corps, tels que la craie, l'oxyde de fer, est sans inconvénients si ces substances ne se trouvent pas dans le mélange en trop grandes quantités. A la température employée pour la cuisson des briques, il n'y aura pas à craindre de déformations et d'affaissements.

Ces terres renferment naturellement des matières non plastiques (du sable en grande partie) qui permettent de les utiliser telles qu'elles sortent de la carrière pour la fabrication. La terre glaise est moins argileuse que la terre à briques. A côté des terres à briques, il faut citer le limon ou lehm et le lœss qui, quoique renfermant peu de matière plastique, servent à faire des briques de qualité ordinaire. (Le mélange de l'argile avec des particules quartzeuses extrêmement fines et un peu d'hydroxyde de fer donne un produit rougeâtre sans consistance qui est le *limon* ou *lehm*. Quand il est calcarifère, le limon reçoit le nom plus spécial de *lœss*.)

L'argile employée par les potiers pour la fabrication de la terre cuite, de la faïence commune est une terre qui se rapproche de la terre à briques. Ces argiles renferment aussi de la craie, des

oxydes de fer (ou des pyrites) et du sable siliceux, seulement elles sont plus plastiques que les terres précédentes. Elles sont souvent marneuses.

Toutes ces argiles sont incapables de subir l'action d'une température élevée sans donner des traces de fusibilité. Leur aspect est extrêmement variable; ce sont le plus souvent des masses compactes, présentant des colorations très diverses. Tantôt les composés ferrugineux sont complètement peroxydés et communiquent à l'argile une coloration qui va du brun jaune au brun rouge. D'autres fois les matières organiques qui imprègnent la masse ont empêché la peroxydation, et la couleur de la masse est grise ou noire. Cuites en présence d'un excès d'air suffisant, les argiles contenant des matières organiques prennent la coloration en rapport avec le fer qu'elles contiennent; au rouge e matières organiques sont détruites et brûlées.

Les argiles employées pour la confection des grès méritent une mention spéciale.

Les argiles à grès tiennent le milieu entre les argiles plastiques réfractaires et les argiles plastiques fusibles. A haute température elles prennent une structure compacte, et leur cassure est vitrifiée. Elles renferment assez de matières fusibles pour prendre une légère vitrification, sans atteindre un ramollissement trop intense, pendant la cuisson. Les argiles à grès possèdent ordinairement une faible élasticité. Nous verrons que ces terres n'appartiennent pas toujours à la famille des argiles kaoliniques; dans certaines d'entre elles on retrouve un silicate analogue à celui qui constitue les marnes.

Les argiles à grès sont encore suffisamment répandues. Les gisements les plus connus sont ceux du Beauvaisis, du Nivernais; on en rencontre encore dans l'Ile de France, la Normandie, les Vosges, etc. En Allemagne, les grès Rhénans avaient acquis autrefois une grande célébrité par suite de leur bonne fabrication et du voisinage des gisements d'argiles à grès. L'argile de Höhr (Hesse-Nassau) a été souvent citée comme type d'argile à grès.

Les marnes peuvent renfermer du carbonate de calcium en notables quantités. Dans certaines marnes on a trouvé jusqu'à

60 pour 100 de carbonate de calcium. Les marnes permettent d'introduire dans une pâte un élément plastique calcifère; aussi les emploie-t-on dans la préparation de certaines pâtes devant renfermer de la chaux. Dans les environs de Paris, par exemple, on trouve d'importantes couches de marnes utilisées dans la fabrication de la faïence dite *de Paris.*

§ 3. — Composition des argiles.

Composants chimiques. — Sous le nom générique d'*argile* on a englobé un certain nombre de corps, différents au point de vue chimique. Les kaolins employés dans la fabrication de la porcelaine, certaines argiles utilisées dans la confection des grès, les marnes, sont désignés sous le nom général d'*argiles;* ces matières appartiennent pourtant à des types chimiques distincts.

Les minéralogistes [1] admettent le plus souvent comme minéraux du genre argile :

L'Halloysite : $2SiO^2.Al^2O^3.4H^2O$ ou $2SiO^2.Al^2O^3.2H^2O$.

L'Allophane : $SiO^2.Al^2O^3.5H^2O$ ou $SiO^2.Al^2O^3.6H^2O$.

La Kaolinite : $2SiO^2.Al^2O^3.2H^2O$.

L'Argile plastique : $5.SiO^2.2Al^2O^3.4H^2O$.

La Marne, considérée comme un mélange d'argile et de calcaire.

L'Argile smectique ou terre à foulon, de composition moins définie, variant de $10SiO^3.3Al^2O^3.2,5H^2O$ à $9SiO^24Al^2O^3.3H^2O$.

Le Bol ou argile riche en oxyde de fer.

L'Amalgatolite (assez riche en alcali, 6 à 10 pour 100 de potasse).

Telles sont les principales substances que l'on considère comme des argiles.

Au point de vue de la Céramique nous n'avons à considérer que les argiles susceptibles d'emplois industriels; aussi limiterons-nous nos investigations aux seules terres capables de servir comme matières premières dans les diverses fabrications.

---

(1) De Lapparent, *Minéralogie*, 1884, p. 396.

Pendant fort longtemps les argiles ont été étudiées d'une manière très incomplète, l'analyse chimique n'avait pas atteint la délicatesse qu'elle possède actuellement et ses méthodes s'appliquaient seulement à la détermination globale élémentaire des corps sans permettre d'établir la présence des matériaux constituants, comme dans le cas des roches. Dans les premières analyses d'argiles on voit, en effet, que les chimistes n'ont pu distinguer la silice combinée à l'alumine de la silice mélangée accidentellement à la masse argileuse. De même la présence des alcalis, que nous savons aujourd'hui provenir des roches accidentellement associées à la matière plastique, se trouvait inexpliquée et semblait jusque dans ces dernières années faire croire que l'argile pure renfermait des alcalis. Nous verrons plus loin qu'avec les méthodes perfectionnées de l'analyse chimique, telle qu'on la pratique actuellement, il a été possible de démêler parmi les différentes hypothèses les plus plausibles et de déterminer la constitution réelle de diverses argiles.

Nous allons d'abord dire quelques mots de différents types d'argiles industrielles et examiner de plus près leur nature chimique.

Les argiles sont formées d'un élément plastique, mélangé le plus souvent à des matériaux accessoires dépourvus de toute plasticité. Dans la majeure partie des argiles (1) l'élément plastique est un silicate d'aluminium hydraté, la kaolinite. La kaolinite a pour formule $Al^2O^3 . 2SiO^2 . 2H^2O$ et correspond à la composition suivante :

Al^2O^3	39,70
SiO^2	46,40
H^2O	13,90
	100,00

La connaissance exacte de la composition de la matière plastique des argiles n'est pas très ancienne. Brongniart et Malaguti

(1) SCHLŒSING, *Comptes rendus*, t. LXXVIII, p. 1438, et t. LXXIX, p. 376 et 473

avaient admis $3SiO^2.Al^2O^3.4H^2O$, Forchammer $4SiO^3.3Al^2O^3.6H^2O$ (le symbole Si avec l'ancienne valeur attribuant à la silice la formule SiO^3).

Quand on examine les résultats de l'analyse élémentaire d'une argile il est très difficile d'indiquer quels sont ses constituants. La roche est rarement pure dans la nature; aussi se trouve-t-on en présence des chiffres provenant de l'analyse d'un mélange dans lequel il faut savoir déterminer les rapports des composants. Ce problème se pose, du reste, chaque fois que l'on fait l'analyse d'une argile.

La kaolinite a été heureusement rencontrée à l'état de pureté dans la nature. Dans l'Utah, dans la Pensylvanie, on a pu trouver de petites quantités de ce minéral; voici les résultats de son analyse :

	VOGT (1).	JOHNSON (2).	Théorie pour $Al^2O^3.2SiO^2.2H^2O$.
SiO^2	45,64	45,93	46,64
Al^2O^3	39,78	39,81	39,45
Fe^2O^3	traces	»	»
H^2O	14,44	14,02	13,91
Eau hygroscopique...	0,12	»	
	99,98	99,76	100,00

La kaolinite, considérée pendant longtemps comme une rareté minéralogique, a été signalée depuis quelques années dans plusieurs endroits. M. Lacroix (3) a indiqué sa présence à Saint-Marg-le-Plain (Cantal) dans des gisements de stibine quartzeuse. A Miramont, près Souliac, M. G. Friedel avait constaté la présence de ce minéral. Enfin plus récemment, M. Lacroix, examinant des échantillons envoyés de Nossi-bé, a vu que le gisement de blende à gangue calcaire d'Ankalampoé renfermait de la kaolinite. Cette matière se trouve dans les cavités de la calcite à grandes lames qui accompagnent la galène;

(1) VOGT, *Bull. Soc. Enc.*, 1897.

(2) JOHNSON, *American Journal of Science*, t. II, p. 43-354.

(3) *Bul. Soc. Min.*, 1902.

elle est en lamelles hexagonales peu cohérentes, de dimensions plus grandes que celles trouvées jusqu'ici en Auvergne.

La kaolinite se présente sous l'aspect de petites paillettes brillantes d'un éclat comparable à celui du mica blanc; vue au microscope, elle apparaît nettement cristallisée sous forme de tables minces hexagonales transparentes.

La kaolinite n'acquiert la plasticité propre aux argiles qu'après un broyage prolongé qui, en brisant les cristaux, permet à leurs fragments de faire pâte avec l'eau. Si l'on traite directement les cristaux de kaolinite, avant broyage, par l'acide sulfurique, ils ne s'attaquent que lentement.

La kaolinite est-elle le seul élément argileux que l'on rencontre ? Il peut exister dans les marnes, dans certaines argiles à grès un élément plastique différent de la kaolinite par sa constitution chimique. Il est probable pourtant que dans ces roches la kaolinite se trouve en présence des produits de désagrégation des roches, d'où proviennent les anomalies relevées dans les analyses.

Pour nous l'argile type serait la kaolinite, à la condition que cette dernière substance fût à un état de division suffisant pour qu'elle fût plastique. Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on rencontre des argiles pures; toujours ces roches contiennent des matériaux étrangers.

Les impuretés peuvent donner aux argiles des propriétés particulières et les usages auxquels peuvent se prêter les matières plastiques sont déterminés par la nature des substances accessoires qui les accompagnent. Nous verrons plus loin que l'on peut ramener les argiles à une série de types; pour le moment nous allons procéder à l'étude de leur nature chimique; une fois cette connaissance acquise il nous sera beaucoup plus facile de créer des différences parmi les argiles.

En examinant successivement une série d'argiles propres aux usages céramiques nous allons voir que beaucoup de ces roches sont formées de kaolinite, mélangée souvent à du mica et à du quartz. Dans quelques argiles le problème est plus difficilement soluble et nous ne sommes pas en état de répondre d'une manière absolument affirmative.

Des argiles types ont été examinées par M. Vogt, nous emprunterons à son travail [1] et à ceux d'Ebelmen [2] et de M. Schlœsing une partie de ce qui va suivre, concernant la composition des argiles.

Toutes les argiles étudiées ont été analysées de manière à permettre de déterminer leurs divers constituants. Une fusion au carbonate de sodium et une attaque à l'acide fluorhydrique ont donné la composition totale élémentaire de la roche. Par le traitement à l'acide sulfurique on a fait une première sélection dans les constituants de la roche; la partie insoluble traitée par le carbonate de sodium en solution a abandonné au réactif la silice de combinaison, amorphe, et il est resté comme résidu une matière que l'on a analysée à la manière ordinaire des silicates. On a pu ainsi faire une importante séparation. Un autre réactif a été mis à contribution pour vérifier le rapport de la silice à l'alumine, la potasse. Soumise à l'action d'une solution chaude de potasse, la matière argileuse est altérée; de la silice et de l'alumine se dissolvent dans le rapport de leurs molécules; il sera donc possible en opérant ainsi de préciser certains points douteux.

Ceci posé, nous pouvons entrer plus avant dans la question et examiner les argiles que nous avons choisies comme types.

1° *Kaolins.* — Les kaolins renferment toujours plus ou moins de débris des roches au contact desquelles ils se trouvent constamment. Quand les débris minéraux sont excessivement ténus, il faut recourir aux procédés chimiques pour en reconnaître la nature.

Si l'on attaque un kaolin par l'acide sulfurique, la liqueur provenant de cette attaque contiendra l'alumine du silicate d'aluminium hydraté ainsi que les bases des autres silicates mélangés à la kaolinite et attaquables par l'acide sulfurique. Le mica blanc, la muscovite $6SiO^2.3Al^2O^3.K^2O.2H^2O$ est totale-

---

(1) Vogt, *Bull. Soc. Enc.*, mai 1897.

(2) Ebelmen, *Sur les produits de la décomposition des espèces minérales de la famille des silicates* (*Annales des Mines*, t. VII, 1845, p. 3), et *Sur la décomposition des roches* (*Annales des Mines*, t. XII, 1847, p. 627).

ment attaquable par l'acide sulfurique chauffé jusqu'à émettre des vapeurs. Pour que le mica soit attaqué complètement, il faut qu'il soit en débris très ténus, comme il se présente dans certaines matières naturelles où l'œil nu ne peut plus reconnaître sa présence. Le quartz et le feldspath subissent l'action de l'acide sulfurique sans altération, ils restent donc dans le résidu de l'opération.

Plusieurs chimistes se sont servis du traitement par l'acide sulfurique pour étudier les kaolins et les argiles; mais, si quelques-uns, comme Mitscherlich, ont reconnu, dans le produit de cette attaque, la présence des alcalis, aucun n'a cherché à en expliquer la provenance.

Récemment, Seger, directeur du laboratoire des recherches à la Manufacture royale de porcelaine de Charlottenbourg, avait fait de nombreuses analyses de kaolins et d'argiles par l'acide sulfurique : quand il trouvait dans la partie soluble des alcalis et des terres alcalines, il les considérait, pour établir la formule du silicate dissous, comme se substituant à l'hydrogène dans la formule $2SiO^2.Al^2O^3.2H^2O$.

Si l'on applique cette manière de voir à des kaolins ne contenant que peu d'alcalis dans la partie soluble, la formule ne s'écarte que peu de la formule $2SiO^2.Al^2O^3.2H^2O$; mais, si l'on se trouve en présence de kaolins riches en alcalis dans la partie soluble, comme le sont ceux de Chine et du Japon, on voit de suite que les rapports déduits des calculs ne concordent plus avec la formule du bisilicate d'aluminium à deux molécules d'eau.

Les résultats obtenus par Seger, pour la partie soluble dans l'acide sulfurique d'une pâte japonaise, et par M. Vogt, de la partie soluble d'une pâte de la Manufacture impériale de Chine, sont :

	Japon.	Chine.
SiO^2	45,21	44,14
Al^2O^3	37,82	38,00
Fe^2O^3	1,47	1,63
CaO	0,26	0,38
K^2O	7,06	4,71
Na^2O	0,06	1,03
H^2O	8,09	10,09

En groupant les alcalis avec l'eau de constitution, comme le faisait Seger, on trouve :

$$2,01 SiO^2 Al^2O^3 . 1,51 M^2O,$$
$$1,93 SiO^2 Al^2O^3 . 1,65 M^2O.$$

Ces deux formules diffèrent notablement de la formule de la kaolinite. En se rappelant que la muscovite est attaquable par l'acide sulfurique quand elle est finement broyée, qu'elle se trouve dans les mêmes terrains que le kaolin, on peut facilement expliquer les rapports moléculaires trouvés ci-dessus; la matière soluble dans SO^4H^2 de la pâte japonaise peut être considérée comme un mélange de

1^{mol} de mica blanc.........	$6 SiO^2 . 3 Al^2O^3 . 3 M^2O$
3^{mol} de kaolinite..........	$6 SiO^2 . 3 Al^2O^3 . 6 M^2O$
	$12 SiO^2 . 6 Al^2O^8 . 9 M^2O$

Cette somme, divisée par 6, donne comme quotient

$$2 SiO^2 Al^2O^3 . 1,50 M^2O,$$

concordant avec la formule déduite de l'analyse et correspondant en poids à

50,70 de mica blanc,
49,30 de kaolinite.

Interprétée d'après les mêmes vues, l'analyse de la matière soluble contenue dans la pâte chinoise conduit à admettre qu'elle est formée de

1^{mol} de mica............	$6 SiO^2 . 3 Al^2O^3 . 3 M^2O$
6^{mol} de kaolinite.........	$12 SiO^2 . 6 Al^2O^3 12 . ^2MO$
	$18 SiO^2 . 9 Al^2O^3 . 15 M^2O$

La somme, divisée par 9, nous ramène à $2 SiO^2 Al^2O^3 . 1,66 M^2O$ identique à la formule de l'analyse citée ci-dessus.

Cette manière de voir a été vérifiée sur un grand nombre d'analyses faites sur des kaolins de provenances très diverses et l'on a trouvé pour toutes une concordance satisfaisante entre

les données analytiques et les calculs faits, en supposant que les alcalis contenus dans la partie soluble y étaient apportés par du mica.

Les écarts que l'on observe entre les résultats de l'analyse et ceux des calculs, quand la teneur en mica est faible, s'expliquent par le fait que, dans ce cas, les erreurs d'analyse, portant sur des nombres moindres, prennent une importance plus grande.

La présence de la potasse, signalée depuis longtemps par Mitscherlich dans la partie soluble des kaolins, se trouve ainsi expliquée; c'est le mica qui apporte l'alcali. Si cette explication avait jusqu'ici échappé à ceux qui s'étaient occupés de cette question, c'est parce que le mica blanc était généralement réputé inattaquable par l'acide sulfurique, et qu'on n'avait pas constaté que, finement pulvérisé, il acquiert une plasticité analogue à celle des kaolins et que, comme eux à cet état, il se tient pendant un temps fort long en suspension dans l'eau alcaline.

2° *Argiles réfractaires.* — On a pu retrouver également dans des argiles réfractaires comme celles de Dreux, de Mussidan (Dordogne), d'Hesdin, analysées dans la même suite de recherches, la kaolinite comme constituant principal, associée à d'autres roches.

L'argile de Dreux renferme 22,3 de sable quartzeux, celle de Mussidan 14 pour 100 de mica; enfin, dans celle d'Hesdin, nous trouvons une autre matière silicatée alumineuse, l'allophane $SiO^2.Al^2O^3.4H^2O$, dans le rapport de 20 pour 100. L'argile de Condé (Seine-et-Oise) contient de même de la kaolinite, mais à côté d'elle se trouve un silicate plus acide.

3° *Argiles à grès.* — Les argiles des Gâtines et de Rambervillers peuvent servir de types d'argiles à grès. Dans deux échantillons on a trouvé de la kaolinite et du mica, ce dernier en quantité dominante dans la seconde, à côté de quartz et de débris de roches alumineuses. Une troisième argile provenant également de Rambervillers a montré nettement une anomalie intéressante. Sa teneur en magnésie est notable et la silice soluble est en quantité plus élevée que précédemment. Le mélange doit renfermer un silicate magnésien acide, peut-être de la biotite; il est comparable à celui qui constitue les marnes.

4° *Argile des marnes.* — Les marnes ont été considérées pendant longtemps comme des mélanges d'argile et de carbonate de calcium. Il ne semble pas que le silicate alumineux renfermé dans ces matières soit de la kaolinite. Il paraît y avoir dans ces argiles un silicate soit plus acide que la kaolinite, soit plus probablement un mélange de produits de désagrégation des roches.

La marne d'Argenteuil, employée autrefois dans la fabrication de la porcelaine tendre, peut être considérée comme contenant :

Craie	61,50
Matière argileuse	32,60
Humidité	5,09
	99,19

L'analyse conduit à une formule anormale :

$$4,58\,SiO^2 \left\{ \begin{matrix} Al^2O^3 \\ Fe^2O^3 \end{matrix} \right. \left\{ \begin{matrix} 0,114\,CaO \\ 0,697\,MgO \end{matrix} \right. \left\{ \begin{matrix} 0,079\,K^2O, \\ 0,043\,Na^2O. \end{matrix} \right.$$

On est amené à considérer la matière argileuse comme totalement différente de la kaolinite. En traitant par une solution de potasse on dissout une partie de la matière et on laisse un résidu soluble dans l'acide sulfurique formant un silicate du type

$$2,7\,SiO^2 \left\{ \begin{matrix} Al^2O^3 \\ Fe^2O^3 \end{matrix} \right. 0,730\,MgO \left\{ \begin{matrix} 0,231\,K^2O \\ 0,065 \end{matrix} \right. 1,7\,H^2O,$$

formule se rapprochant de celle que donne une des argiles de Rambervillers. Une marne, provenant de Brantigny (Aube), amenait de semblables résultats.

La formule déduite pour la partie soluble est

$$2,50\,SiO^2(Al^2, Fe^2)O^3 \left\{ \begin{matrix} 0,038\,CaO \\ 0,148\,MgO \end{matrix} \right. \left\{ \begin{matrix} 0,153\,K^2O \\ 0,032\,Na^2O \end{matrix} \right. 1,63\,H^2O.$$

On voit, d'après ces exemples, que ces marnes diffèrent totalement des argiles proprement dites et qu'elles doivent renfermer un silicate magnésien.

5° *Conclusions :*

a. La kaolinite $2SiO^2Al^2O^3.2H^2O$ est l'élément éminemment plastique qui constitue la grande majorité des argiles.

b. Les alcalis que l'on rencontre dans les argiles y sont apportés surtout par la muscovite ou mica blanc.

c. La matière argileuse des marnes est de tout autre nature que la kaolinite, elle semble être formée par des débris de minéraux magnésiens.

Corps mêlés à l'argile; leur influence. — Nous venons de voir que la matière plastique n'est, pour ainsi dire, jamais seule dans les argiles, elle est toujours accompagnée de corps étrangers, corps dont l'influence peut avoir une très grosse importance au point de vue céramique.

Ces impuretés qui, sauf le mica très divisé, diminuent la plasticité de l'argile, peuvent se trouver dans l'argile dès son origine ; elles peuvent aussi ne s'y rencontrer qu'accidentellement ou y avoir été amenées beaucoup plus tard.

1. *Impuretés d'origines.* — Les roches qui ont, par leur désagrégation, donné naissance à l'argile doivent naturellement avoir laissé des débris de leurs constituants dans l'argile.

Puisque ce sont les roches alumineuses qui peuvent contribuer à la formation des argiles, ce sont ces roches alumineuses que l'on peut présumer devoir se trouver à l'état de débris dans les argiles.

Le quartz et le mica sont particulièrement répandus. Toutes les argiles utilisées dans l'industrie céramique contiennent du sable siliceux (la silice accompagne constamment les matières argileuses). Les micas sont également associés à la kaolinite dans beaucoup de terres; ainsi dans certains matériaux plastiques, comme ceux qu'utilisent les Chinois, on rencontre des quantités considérables de muscovite.

Quoique les argiles aient pris naissance aux dépens de roches, dont le nombre doit être assez grand, on n'a pas encore rencontré avec certitude autant de débris rocheux ou minéraux qu'on pourrait le croire. Ainsi, le feldspath, dont on a semblé admettre la présence sans discussion dans les argiles,

n'a pas, à ma connaissance, été signalé avec une réelle certitude. Il est toujours possible de se livrer à des calculs sur la composition de la petite quantité de matière qui constitue le résidu des attaques par l'acide sulfurique; mais, quand on examine de quel ordre sont les chiffres trouvés et les faibles poids qu'ils représentent, on est pris de doute sur les résultats, résultats qu'il est difficile d'obtenir sans qu'ils soient entachés d'erreur, car ils résultent de spéculations sur des poids infimes.

Nous n'aurons, en somme, à considérer comme impuretés principales d'origine que le quartz et le mica. Quelquefois pourtant, on pourra rencontrer autre chose que ces deux minéraux, comme dans l'argile de Mussidan, les marnes; il sera sage, dans ce cas, de se limiter à l'indication *débris de roches* tant que de nouveaux travaux n'auront pas éclairci la question.

2. *Impuretés accidentelles.* — Les argiles qui ont été déplacées peuvent avoir été entraînées loin du lieu de formation par suite de perturbations géologiques; il n'y a rien de surprenant à ce que des corps étrangers aient été entraînés et se soient déposés avec elles. Tels sont les carbonates alcalino-terreux ou terreux (calcium, magnésium), les composés ferrugineux, le gypse, le rutile. Il peut se produire, une fois l'argile déposée, des phénomènes chimiques.

Les pyrites de fer ne sont pas toujours intactes dans les argiles; quelquefois, au contraire, elles sont complètement oxydées. L'argile dans laquelle il reste des pyrites devient poreuse sous l'influence de la chaleur. Soumise à l'action d'une flamme réductrice, la pyrite se transforme en sulfure de fer friable, qui peut occasionner des fêlures. En feu oxydant, il y a production d'oxyde de fer et de composés oxygénés du soufre. Ces combinaisons sulfurées peuvent avoir de graves inconvénients dans la cuisson des poteries, dont elles altèrent les couvertes et leurs colorants.

L'oxydation des pyrites dans le banc d'argile convertit en sulfates les carbonates que rencontre l'acide sulfurique; ces sulfates, pendant la cuisson de la terre, se détruisent, et nous venons de signaler les propriétés nuisibles des composés oxygénés du soufre.

L'oxyde de fer provenant des pyrites imprègne quelquefois complètement la masse et la matière apparaît alors avec une coloration brune ou jaune complètement uniforme. D'autres fois, les taches ferrugineuses semblent partir d'un centre de rayonnement.

Les composés du fer apportent de la fusibilité aux argiles; comme nous l'avons déjà dit, une argile riche en fer ne peut être réfractaire.

Il y a intérêt à éliminer les pyrites le plus complètement possible. Leur oxydation peut se produire au milieu du travail de l'argile. Les pièces façonnées et renfermant du sulfure de fer restent humides pendant un temps assez long, en attendant leur complète dessiccation. Chaque grain de sulfure s'oxydant amène forcément une destruction de l'homogénéité de la région argileuse avoisinante; ce manque d'homogénéité provoque une rupture.

La chaux se rencontre surtout à l'état de carbonate. Ce carbonate est quelquefois en morceaux compacts; souvent il est intimement mélangé à l'argile et c'est seulement un essai chimique qui en décèle la présence. Une grande quantité de carbonate de calcium est désavantageuse dans la terre cuite. Le produit se gerce et perd sa cohésion. Chauffée à une température suffisante pour déterminer la décomposition du carbonate de calcium, elle contient alors de la chaux vive, dont l'hydratation peut produire de graves désordres.

La chaux à plus haute température peut former des silicates basiques plus fusibles que l'argile pure.

Nous verrons plus loin que l'on ajoute intentionnellement de la chaux à des pâtes soit pour leur donner de la fluidité (porcelaines) soit pour faire varier leur coefficient de dilatation (faïences émaillées).

On trouve aussi du sulfate de calcium dans les argiles. Ce corps, si l'argile est faiblement cuite, se déshydrate simplement et se réhydrate sous l'influence de l'air humide en perçant la masse d'une multitude de canaux capillaires qui en font une matière gélive et diminuent sa solidité.

A haute température l'anhydride sulfurique se dégage et la base est silicatisée.

Le sulfate de calcium peut se former pendant la cuisson des produits, si la pâte est calcaire, avec du charbon riche en pyrites. Il produit alors les accidents que nous venons d'énumérer.

3. *Impuretés récentes.* — Les matières organiques (qui jouent un grand rôle dans la coloration des argiles), les résines, la tourbe, le bitume se rencontrent aussi dans les argiles, et les géologues admettent que ces substances ont été amenées plus tard.

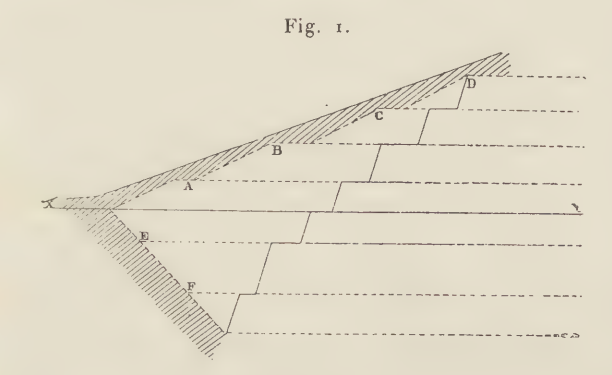
En résumé, nous trouverons surtout dans les argiles : des débris de roches (quartz, micas, etc.), des composés calcaires et ferrugineux (titane), des matières organiques (charbon, résine, etc.). A côté de ces corps dont la présence est fréquente, accidentellement on rencontrera d'autres éléments parmi lesquels nous citerons : le sodium, le plomb, le cuivre, le vanadium, le molybdène, le chrome, l'or, le cérium, etc. Ces corps seront à des états de combinaison différents et presque toujours peu abondants. Comme certains composés ont un pouvoir colorant assez intense, leur présence est facilement mise en évidence, tels sont les composés du vanadium, dans les argiles de Vanves, qui donnent à la surface de la terre cuite des dépôts verdâtres, et les composés du cérium qui communiquent à certaines argiles danoises une teinte jaune spéciale.

Extraction des argiles. — L'exploitation d'un gisement argileux demande à être faite méthodiquement, comme tous les travaux de ce genre. Généralement l'extraction des argiles se fait à ciel ouvert, quelquefois pourtant on est obligé de travailler sous terre.

1. *Exploitation à ciel ouvert.* — Quand les gisements sont voisins de la surface du sol, la manœuvre est peu compliquée. Les argiles sont extraites par gradins. Nous avons figuré ici un banc d'argile schématique. Il est recouvert d'une couche de terre figurée par des hachures; il s'étend sous le sol et s'élève au-dessus de lui en formant une colline. On commencera l'attaque du massif au niveau du sol et on la continuera jusqu'à ce que l'on ait obtenu un abatis d'une hauteur de $1^m,50$ à 2^m.

L'ouvrier continuera d'enlever l'argile en se plaçant successivement aux points A, B, C, D et répétera la même manœuvre. Le trait ferme représente ce que devient la masse une fois le travail assez avancé pour que l'exploitation ait attaqué le banc dans toute sa profondeur à la fois au-dessous et au-dessus du sol. On a taillé alors dans le massif trois gradins sur lesquels on place des ouvriers pour enlever l'argile. L'exploitation de la partie souterraine se fait de la même manière.

Fig. 1.



Le travail des ouvriers sur les gradins n'est pas sans présenter des dangers. L'argile peut se fendre quand elle est trop sèche, devenir glissante par des temps humides. La production est petite et les efforts pour désagréger et arracher les mottes d'argile sont pénibles. On a remplacé le travail manuel dans certaines exploitations par un mode d'arrachement plus violent. On a recours aux explosifs (poudre, dynamite, roburite). On enfouit la cartouche dans un trou de mine d'au moins 2^{m} de profondeur et l'on provoque l'explosion soit au moyen d'une mèche à combustion lente, soit avec le courant électrique.

Voici les résultats que donnent les divers explosifs : 1^{kg} de poudre désagrège 13^{m^3} d'argile, la même quantité de dynamite agit sur 38^{m^3} d'argile, enfin un semblable poids de roburite brise 4^{m^3} et en détache 8^{m^3}.

On a imaginé des appareils qui permettent d'opérer mécaniquement l'enlèvement des argiles. Nous citerons en premier lieu une petite machine qui est utilisée pour arracher du sol la

terre à briques. Elle se compose dans ses parties les plus essentielles d'une lame de fer formant couteau et d'une caisse en tôle. La caisse de tôle est supportée par une paire de roues qui permettent le déplacement de l'instrument. Derrière la caisse se trouve le couteau maintenu à une certaine distance par une armature en fer. La lame formant couteau est recourbée et, par le moyen de levier, on peut amener son tranchant en contact avec le sol. Quand le couteau est ainsi disposé, si l'on tire la cuvette en avant, le couteau vient arracher des lames de terre qui, suivant la courbe formée par la lame de fer, viennent tomber dans la caisse. Une fois cette dernière remplie on relève la raclette.

Pour l'exploitation de grandes quantités de terres plastiques on peut recourir à l'emploi d'appareils faisant mécaniquement l'arrachement de la matière. On a employé aux États-Unis des appareils de ce genre. Certaines machines enfoncent dans le banc un seau armé de dents. La manœuvre d'un jeu de leviers et de chaînes relève le seau et l'amène au-dessus d'un wagon de décharge dans lequel il se vide.

On se sert également d'excavateurs. Une semblable machine peut enlever jusqu'à 60$^{m^3}$ à l'heure [1].

2. *Exploitation souterraine.* — Quelquefois les gisements d'argile ne se prêtent pas à l'emploi des modes de travail précédemment indiqués, la profondeur des couches exige le creusement de puits et de galeries. L'exploitation ressemble alors à l'exploitation des mines, elle nécessite une ventilation soignée et une substructure des galeries solide. Ce genre d'extraction est beaucoup moins répandu que le premier, il est aussi plus coûteux; aussi ne peut-il être pratiqué que pour des matières premières de bonne qualité.

On perce des puits de forme orbiculaire que l'on soutient avec des cercles de bois jusqu'à ce que l'on arrive à l'argile. Une fois au contact de la matière plastique, on élargit le puits, sans pousser trop loin l'augmentation du diamètre, de crainte d'éboulements. Il est facile avec un treuil d'enlever les blocs d'argile au fur et à mesure de leur arrachement.

---

[1] Dümmler, *Thonziegel Fabrikation,* p. 105 et suivantes.

Pour certains dépôts profonds, on forme une chambre au pied d'un puits. On donne à cette chambre de 2^m à 4^m de hauteur et 3^m à 5^m de largeur. Pour continuer l'exploitation, on peut creuser d'autres chambres dans les directions rayonnantes autour de la première. Une fois ce travail effectué, il faut alors renoncer à pousser plus loin l'exploitation et recommencer à forer un nouveau puits dans le voisinage.

Les argiles compactes et résistantes de la formation carbonifère peuvent être exploitées en galeries (Angleterre, Écosse).

II. — MATIÈRES NON ARGILEUSES.

On rencontre, en moindres quantités et avec des propriétés moins développées, d'autres matières plastiques que les argiles, autrement dit que les roches à base de kaolinite ou de ce silicate d'aluminium encore mal connu, dont nous avons signalé l'existence dans les marnes et dans certaines argiles à grès.

La plus importante des matières plastiques non argileuses est le mica. Convenablement broyé, il acquiert de la plasticité, sa présence est constante dans les matériaux que les Chinois utilisent dans la fabrication de la porcelaine ([1]). Ainsi, on trouve dans les kaolins 15 pour 100 en moyenne de mica, dans les hoa-chés des quantités variant de 12 à 33 pour 100; ces deux sortes de roches jouent le rôle de matériaux plastiques; ils renferment en outre respectivement de 46 à 75 pour 100 et 60 pour 100 de kaolinite.

D'après Brongniart, la giobertite ($MgCO^3$) et la magnésite ($2MgO, 3SiO^2, 2H^2O$) ont été employées comme élément plastique des pâtes en Espagne et en Piémont. Ces minéraux sont difficiles à broyer et à réduire en pâte; il faut une trituration très longue pour en obtenir une pâte très peu liante et qui même a souvent besoin pour être travaillée d'être associée avec de l'argile plastique.

D'après le même auteur, le talc ($3MgO.4SiO^2H^2O$) et la stéa-

---

([1]) *Voir* plus loin la fabrication de la porcelaine chinoise.

tite peuvent être rangés au nombre des matières plastiques. Contentons-nous de les citer.

La seule de ces matières qui mérite d'attirer notre attention quelques instants est le mica. Sous ce nom, sans plus ample désignation, nous avons en vue la muscovite ou mica potassique $3Al^2O^3, K^2O, 2H^2O, 6SiO^2$. La muscovite est blanche, mais quelquefois grise, brune, verte, violette ou même jaune. En débris très ténus, ce mica est complètement attaqué par l'acide sulfurique chauffé jusqu'à émettre des vapeurs. Le mica blanc est complètement attaqué par l'acide azotique ($D = 1,20$) chauffé à 120° pendant 2 à 3 heures en tube scellé.

L'acide chlorhydrique ($D = 1,10$) chauffé à l'air libre entre 70° et 90° pendant 6 jours avec un mica que l'acide sulfurique détruisait totalement en a dissous 85 pour 100. La calcination rend le mica moins attaquable par les réactifs.

CHAPITRE II.

MATIÈRES NON PLASTIQUES.

I. — MATIÈRES ENTRANT DANS LA COMPOSITION DES PATES.

Les matières non plastiques qui peuvent être employées en Céramique appartiennent à deux groupes distincts : les matériaux dégraissants et les matériaux fusibles.

Les matériaux dégraissants ou amaigrissants ont pour rôle de donner aux argiles trop grasses la possibilité d'être travaillées. Une argile de ce genre, en effet, ne peut être façonnée sans accident. Humectée d'eau de manière à la rendre plastique, cette argile est grasse au toucher et adhère aux doigts. Entre les mains de l'ouvrier qui cherche à la façonner, elle ne se prête à aucun travail; son adhérence à la peau amène des déchirures, elle ne peut être maniée sans être arrachée. Cherche-t-on à la mouler, elle ne se sépare que très difficilement du moule et se déchire quand on cherche à vaincre l'adhérence qui la maintient contre les parois. La dessiccation d'une argile grasse ne peut s'effectuer régulièrement. A la surface il se forme une petite croûte qui resserre les pores de l'argile, de sorte que l'humidité restant à l'intérieur des parois ne pourra disparaître qu'avec une extrême difficulté. Il se produit alors du gauchissement et, quelquefois même, des déchirures, car le départ de l'eau s'effectuant plus rapidement d'un côté que de l'autre, il y a nécessairement des tractions plus intenses dans certaines directions que dans d'autres.

La matière dégraissante corrigera ces défauts en rendant la masse maniable sans accidents. Mélangeons l'argile avec une

substance dépourvue de plasticité, les grains de la substance vont se disséminer dans la masse, diminuer sa plasticité. L'argile est alors dégraissée, d'où le nom de *matières dégraissantes* ou *amaigrissantes* donné à ces substances.

La pâte alors sera suffisamment plastique si l'on n'a pas exagéré la dose de matière dégraissante; façonnée, elle aura la cohésion nécessaire et pourra se détacher des doigts sans déchirures; placée dans un moule elle s'enlèvera avec facilité. La masse d'argile dégraissée pourra se dessécher, car le retrait étant moindre, les parties les plus sèches exerceront un effort moins élevé que dans le cas de l'argile sèche sur les portions encore humides. D'autre part, les grains de matière non plastique créeront dans la masse un réseau de canaux capillaires, en communication avec l'atmosphère, facilitant la sortie, au dehors, de l'eau contenue dans l'argile; la dessiccation pourra s'opérer plus régulièrement et par suite sans déchirements.

Les matériaux fusibles sont également des substances antiplastiques, mais leur rôle est plus complexe, car s'ils amaigrissent l'argile, ils provoquent pendant la cuisson des phénomènes chimiques dans la masse. Ils apportent de la fusibilité et déterminent une agrégation des grains des diverses substances formant la pâte; dans quelques poteries même ils permettent la vitrification du produit. Par exemple, le feldspath dans la pâte de faïence fine soude entre elles les molécules; le même corps dans la pâte à porcelaine, en présence de silicate d'alumine et de silice, donne naissance à un mélange de silicates qui, au feu de cuisson de ce produit, subissent une vitrification.

§ 1. — Matières dégraissantes.

Nous examinerons les plus employées de ces substances, dont le nombre est peu élevé.

Ciment. — La matière dégraissante qui a le moins d'influence sur la composition d'une pâte, c'est l'argile cuite, c'est-à-dire déshydratée complètement et soumise à l'action d'une température élevée. On appelle l'argile, ainsi traitée par la chaleur, du

ciment. En ajoutant à une argile plastique, mais trop grasse, une quantité convenable de la même argile à l'état de ciment, le produit final a la même composition que s'il avait été fait uniquement avec de l'argile, puisque l'argile et le ciment ne diffèrent que par la déshydratation qu'a subie cette dernière matière.

Le ciment se prépare quelquefois spécialement pour le travail de certaines argiles et la confection de certains produits. Nous aurons l'occasion, en parlant des produits réfractaires, de revenir sur cette question. Toutes les industries qui cuisent leurs poteries en gazettes ont sous la main du ciment tout préparé qu'il suffit simplement d'amener à la grosseur voulue; ce sont les débris des appareils d'encastage.

Le ciment a déjà le retrait et la dureté que donne la cuisson, il donne aux produits une structure poreuse qui leur permet de supporter les changements de température. Le ciment s'utilise sous forme de poudre un peu grossière; à l'état de poudre fine il donne une masse dense, qui prend alors un grand retrait. En cet état la masse supporte moins bien les coups de feu que les pâtes à gros ciment. La grosseur et la forme des grains de ciment est à considérer pour le genre de produit à fabriquer. Le ciment trop régulier donne, pour la confection des produits réfractaires, des résultats inférieurs au ciment irrégulier; aussi dans le broyage du ciment a-t-on intérêt à ne pas employer les machines donnant un grain rond. Les grains pointus ou aplatis donnent une bonne résistance.

On donne quelquefois le nom de *ciment* à des débris de poteries autres que la terre cuite; dans ce cas le mot *ciment* devient synonyme de *tesson*.

Tesson. — Le nom de *tesson* est appliqué à des débris de poterie. Broyé et introduit dans la pâte qui lui a donné naissance, le tesson n'en change pas la composition. On l'introduit quelquefois dans les pâtes; c'est un dégraissant tout trouvé et dont quelquefois les fabricants ont une trop grande abondance. Comme le ciment dans l'argile, le tesson tient de la place dans la pâte et en réduit la plasticité.

De même que le ciment, le tesson, dans une fabrication soignée, doit être exempt d'impuretés. Les débris de poterie qui ont reçu des couvertes ne constituent que du tesson de second ordre, puisqu'ils introduisent de la couverte dans la masse, en petite quantité il est vrai.

Chamotte. — Ce terme est synonyme de ciment.

Matériaux siliceux. — La silice est utilisée sous différentes formes dans l'industrie céramique.

$$SiO^2 = 60 \left\{ \begin{array}{ll} Si \ldots\ldots & 46,70 \\ O \ldots\ldots & 53,30 \end{array} \right.$$

Le quartz, qui représente la silice sous sa forme la plus pure, n'est employé industriellement que dans ses variétés communes, dans les blocs erratiques. Ces derniers sont constitués par du quartz toujours laiteux, confusément cristallisé.

Le sable quartzeux serait une source de silice pure avantageuse s'il était toujours pur. Il est souvent mélangé de débris de roches dont la présence sera fâcheuse. Les vrais sables siliceux peuvent ne contenir presque que de la silice, mais dans beaucoup de matériaux désignés sous ce nom la quantité de corps, autres que la silice, que l'on y rencontre est parfois assez grande, comme le montrent les analyses ci-jointes :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Silice	98,52	99,5	87,85	85,96	85,36
Alumine	1,04	traces	0,13	7,30	9,06
Oxyde de fer	0,04	»	0,73	2,22	
Chaux	»	traces	0,42	»	0,11
Magnésie	»	traces	»	0,25	1,00
Potasse	0,40	»	»	1,97	2,20
Soude	»	»	»	»	0,52
Perte au rouge	»	»	11,03	2,12	2,36

I. Quartz de Norvège. — II. Sable de Nemours. — III. Terre des infusoires de Oberohe. — IV. Sable de Fürstenwald. — V. Sable de Decize.

Les deux derniers exemples cités sont des sables siliceux impurs; ils sont mélangés de débris de roches alcalines (micas)

qui amènent de la fusibilité. Ces matières sont à ranger parmi les matériaux fusibles.

Le silex est introduit dans la pâte des faïences fines. La silice est sous forme de calcédoine compacte dans le silex pyromaque; nous aurons l'occasion d'insister sur les différences de propriétés que la calcédoine présente avec le quartz. Le silex employé en Céramique provient des bancs de craie blanche, où il est disséminé en nodules. Étonné il se laisse broyer et donne une poudre blanche.

Par le nom de *sable* on entend une matière minérale réduite en poudre. Souvent on emploie le mot sable pour désigner les sables siliceux communs, ferrugineux et calcaires. Ces matériaux, de moindre valeur que les précédents, sont employés dans les fabrications de produits de qualité inférieure. Ces sables sont beaucoup plus répandus dans la nature que les sables blancs; ils sont colorés en jaune, quelquefois aussi en gris, vert ou noir. En dehors de la coloration qu'ils apportent, les sables communs amènent de la fusibilité.

De tous les dégraissants ce sont les matériaux siliceux qui sont les plus importants.

La silice se comporte d'une manière intéressante sous l'influence de la chaleur. Jusqu'à 570° le quartz a une dilatation croissant régulièrement, mais de plus en plus rapidement; à cette température, il éprouve un changement d'état brusque accompagné d'une augmentation notable de ses dimensions. Au-dessus de cette température et au moins jusqu'à 1100°, la dilatation devient négative, le quartz se contracte lentement et d'une façon continue. Tous ces changements sont réversibles; à une même température, les dimensions sont les mêmes à l'échauffement et au refroidissement.

La tridymite présente aux basses températures une dilatation beaucoup plus forte que celle du quartz, mais qui décroît à mesure que la température s'élève, et finit par s'annuler vers 800°; à cette température, la dilatation a sa valeur maxima, il y a ensuite pour une température supérieure une légère contraction comme cela avait lieu pour le quartz au-dessus de 570°.

Toutes les variétés de silice calcinées à la température des fours à acier, soit 1600°, au contact d'une petite quantité de fondants (2 à 3 pour 100 de chaux ou d'alcalis), arrivent à un état stable qui doit être celui de la silice amorphe. En tous cas, la dilatation varie régulièrement avec la température, et reste toujours très faible; elle présente certaines analogies avec celle des verres, dont cette silice serait la limite extrême.

Il existe enfin une quatrième variété de silice qui n'a pu être rattachée jusqu'ici d'une façon certaine à aucune des formes cristallisées et connues de la silice. Elle a été obtenue en chauffant au-dessus de 1000° une variété quelconque de calcédoine. Elle est caractérisée par une dilatation toute spéciale; elle éprouve vers 200° une augmentation brusque qui se traduit par un allongement d'environ 1 pour 100. Au-dessus de cette température, la dilatation continue à croître, mais très lentement.

La calcédoine naturelle forme une cinquième variété de silice, mais il n'y a pas lieu de s'en préoccuper dans les études de céramique parce qu'elle est toujours transformée par la chaleur pendant la cuisson. Au dessous de 570° sa dilatation est sensiblement identique à celle du quartz. Au-dessus de cette température elle commence à se transformer, en éprouvant un gonflement considérable qui persiste après refroidissement. Ce n'est pas alors un phénomène réversible, mais une véritable dilatation [1].

Charbon. — Le carbone dans les produits réfractaires sert quelquefois de matière dégraissante. Les creusets de plombagine employés pour la fusion de l'acier sont obtenus en additionnant la pâte d'une certaine quantité de graphite. Le prix élevé de cette substance fait employer aussi le coke.

A la suite de ces substances on peut ajouter la sciure de bois, par exemple, qui constitue un dégraissant combustible contribuant à donner à la masse une structure alvéolée. La tourbe est dans le même cas.

---

(1) B. Coupeau, d'après Le Chatelier, *Bull. Soc. Enc.*, 1898, p. 1306.

Autres matières. — La liste des matériaux dégraissants peut être plus étendue, car les fabricants ont eu recours à des substances diverses dont le bon marché motivait l'emploi. Les escarbilles, par exemple, sont des amaigrissants. Toutes les matières fusibles sont également des amaigrissants, leur rôle se borne à cette seule action si la température de cuisson n'est pas telle qu'il y ait réaction chimique. Ainsi certaines poteries à pâte calcaire font effervescence avec les acides : le calcaire ne s'est pas comporté comme fondant.

§ 2. — Matières fusibles.

Feldspaths. — Généralement le mot *feldspath* désigne, en Céramique, le feldspath potassique (orthose) $K^2O.Al^2O^3.6SiO^2$. Le feldspath orthose se rencontre cristallisé dans la nature (nous n'avons à considérer ici que les variétés communes); il est laiteux, coloré en rose chair ou en blanc jaunâtre. Au feldspath orthose il faut rattacher les roches nommées : pétrosilex, obsidienne, ponce, rétinite; elles peuvent être considérées, au moins en partie, comme des variétés compactes où domine la texture amorphe. Les lamelles de feldspath orthose fondent difficilement au chalumeau, mais elles fondent au four à porcelaine; elles sont inattaquables par les acides ordinaires. Les fluorures et l'acide fluorhydrique se comportent vis-à-vis de cette substance comme avec les autres silicates.

A côté du feldspath orthose citons le feldspath sodique, l'*albite* $Na^2O.Al^2O^3.6SiO^2$. Il fond difficilement au chalumeau; la fusion est localisée aux bords des fragments, elle donne un verre bulleux. Comme le précédent, il est inattaquable aux acides ordinaires.

L'*anorthite* est un feldspath calcaire, $CaO.Al^2O^3.2SiO^2$, différent des précédents par son type chimique et ses propriétés. Il est complètement attaquable par les acides et fond au chalumeau en un verre bulleux.

La plupart des feldspaths utilisés en Céramique sont potassiques, ils peuvent être associés à des feldspaths sodiques et calcaires.

Théoriquement les feldspaths types que nous venons d'indiquer renferment :

	Orthose.	Albite.	Anorthite.
SiO^2	66,84	68,82	43,16
Al^2O^3	18,43	19,56	36,70
K^2O....	16,89	»	»
Na^2O.............	»	11,82	»
CaO..............	»	»	20,14

Comparons ces chiffres avec ceux que donne l'analyse des feldspaths suivants :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Silice............	67,92	65,64	64,44	64,08	69,98
Alumine.........	18,90	18,04	18,75	21,73	19,39
Oxyde de fer.....	1,28	0,88	0,65	0,93	0,12
Chaux...........	2,02	0,31	0,27	0,53	0,23
Magnésie.........	0,39	»	»	0,78	»
Potasse..........	1,87	10,65	13,82	1,48	12,92
Soude...........	6,93	4,49	2,40	10,08	2,47
Perte au rouge....	0,60	»	»	»	0,24

Provenances :

I. Odenwald. — II. Bohême. — III. Norvège. — IV. Palatinat. — V. Norvège.

Pegmatite. Cornish-stone. — La *pegmatite* est une roche silico-feldspathique. Elle est formée de grosses masses feldspathiques que traversent de part en part des prismes irréguliers de quartz. Elle est plus dure à broyer que le feldspath. La pegmatite, ou plutôt la roche que l'on utilise sous ce nom en Céramique, contient en moyenne 75 pour 100 de feldspath et 25 pour 100 de quartz.

La *cornish-stone* ou *cornwall-stone* est une granulite désagrégée; au point de vue de l'emploi, elle a l'avantage sur les matières précédentes d'être facile à broyer, aussi la recherche-t-on dans certaines fabrications, comme la faïence fine. Les pegmatite et cornish-stone s'écartent naturellement des feldspaths par suite de leur composition, elles sont plus siliceuses

et moins alcalines, comme on peut s'en faire une idée par l'examen de quelques analyses :

	I.	II.	III.	IV.
Silice	74,23	74,51	74,55	68,88
Alumine	15,11	15,03	17,37	16,77
Oxyde de fer	0,35		0,26	0,83
Chaux	1,44	2,13	1,68	0,99
Magnésie	0,20	0,20	0,54	0,17
Soude	3,92	4,69	3,68	6,77
Potasse	4,45	4,30		
Perte au rouge	0,43	0,31	2,04	5,79

Pegmatites : I, II. — Cornish-stone : III, IV.

La nature chimique du cornwall-stone n'est pas bien connue; cette roche diffère nettement de la pegmatite et des feldspaths par son altérabilité par l'acide sulfurique. Ce dernier réactif dissout aisément 15 pour 100 de matières d'apparence micacée.

Micas. — On n'a pas introduit à dessein du mica dans les pâtes, jusqu'ici du moins, mais ce minéral existe, comme nous l'avons vu, dans beaucoup d'argiles et de sables. Les argiles micacées fortement voient diminuer leurs qualités réfractaires et les sables micacés apportent de la fusibilité aux masses auxquelles ils sont incorporés. Si l'on prend comme type la muscovite on constate, par l'examen de sa constitution, qu'elle renferme une assez grande quantité d'alcalis. Tous les matériaux riches en micas devront être examinés avec soin, car leur apport en alcalis amènera toujours de la fusibilité.

Voici quelques exemples de matériaux micacés :

	I.	II.	III.
Silice	78,67	49,00	77,32
Alumine	12,69	36,43	13,89
Oxyde de fer	1,16		0,46
Chaux	0,31	0,10	1,14
Magnésie	0,28	0,45	
Potasse	4,10	2,53	3,05
Soude	1,54	0,63	1,95
Perte au rouge	2,50	11,33	2,70

I. Sable de Lange-Rollin (dit de Caziot). — II. Kaolin chinois de Tong-Kang. — III. Yeou-Ko chinois de Koui-Koui.

Dans les deux derniers exemples, la quantité de mica renfermée par les roches est élevée, elle est de 13,58 et 31,3. Le sable de Lange-Rollin en renferme suffisamment pour être introduit comme fondant dans les pâtes.

Calcaires. — Le carbonate de calcium ou la chaux ajoutés à des silicates, tels que la kaolinite, le mica, le feldspath, donnent, sous l'influence de la chaleur, des masses plus ou moins vitreuses, plus fusibles que les silicates primitifs. Leur présence dans une pâte en diminue le degré réfractaire. Les pâtes calcaires sont impropres à la confection de poteries devant supporter une température élevée. Ajoutée à des pâtes alumineuses, pauvres en alcalis, la chaux facilite la vitrification; aussi met-on dans quelques pâtes à porcelaine de la craie. La chaux se silicatise aux dépens des silicates et de la silice libre et donne, avec les silicates alcalins, des corps notablement plus fusibles que le silicate de calcium.

Le calcaire est une roche très répandue. Sa variété, la craie, est d'un prix peu élevé, assez pure et facile à broyer; on l'emploie de préférence aux autres calcaires.

$$CaCO^3 = 100 \left\{ \begin{array}{ll} CaO \ldots\ldots\ldots\ldots & 56 \text{ pour } 100 \\ CO^2 \ldots\ldots\ldots\ldots & 44 \quad \text{»} \end{array} \right.$$

Gypse. — Le sulfate de calcium hydraté naturel $CaSO^4 + 2H^2O$ a été employé comme fondant dans les pâtes. On trouve, par exemple, dans Brongniart que la pâte à porcelaine de la Manufacture de Nymphemburg contenait 5,5 pour 100 de gypse. Le gypse ne présente sur le calcaire que des inconvénients, il apporte de l'anhydride sulfurique dont la présence peut être néfaste. A haute température, pendant la silicatisation, l'anhydride se dégage, se décompose et, au contact de matières réductrices telles que les gaz du foyer et des matières incomplètement brûlées, ira donner du soufre ou de l'hydrogène sulfuré. Ces deux corps altèrent un certain nombre de produits céramiques.

Le plâtre est surtout important pour le moulage; nous en reparlerons en temps et lieu.

$CaSO^4 + 2H^2O = 172$ { CaO .... 32,55 ; SO^3 .... 46,52 ; H^2O .... 20,93 }

Composés barytiques et strontianiques. — On conçoit aisément que les carbonates et sulfates naturels de baryum et strontium puissent jouer le même rôle que les sels correspondants du calcium. Leur emploi est loin d'être répandu; accidentellement on trouve indiqué la baryte dans la constitution de pâtes ou glaçures. Il est probable que, dans les conditions de bon marché exceptionnel des matériaux calcaires, il n'y ait pas lieu de songer à leur trouver des remplaçants de nature chimique analogue, sauf dans des cas particuliers.

$BaCO^3 = 197$ { BaO .... 77,60 ; CO^2 .... 22,40 }

$BaSO^4 = 233$ { BaO .... 65,67 ; SO^3 .... 34,33 }

$SrCO^3 = 147,5$ { SrO .... 70,17 ; CO^2 .... 29,83 }

$SrSO^4 = 183,5$ { SrO .... 56,40 ; SO^3 .... 43,60 }

Phosphate de calcium. — Ce phosphate se trouve en grande quantité dans les os brûlés. Sous cette forme, il constitue un des éléments de la porcelaine phosphatique anglaise. Indépendamment des phosphates d'origine animale, on rencontre des phosphates naturels; leur emploi en Céramique n'a pas encore rencontré le succès du phosphate des os.

Le phosphate de calcium donne aux pâtes de la fusibilité; ajouté à certains silicates vitreux, il leur communique de l'opacité.

$3CaO.P^2O^5 = 310$ { CaO .... 54,19 ; P^2O^5 .... 45,81 }

Amiante, talc. — Ces minéraux magnésiens non réfractaires

amèneront de la fusibilité dans les pâtes. Quoique cités dans un certain nombre d'Ouvrages, je ne leur connais pas d'emploi important. On a utilisé l'amiante depuis peu d'années dans quelques pâtes. Quelques-unes, quoique poreuses, ont été appelées, fort improprement du reste, *porcelaines*.

Scories, débris de verre. — La plupart des matériaux silicatés fusibles peuvent être utilisés. Pour certaines fabrications dont les produits sont nécessairement d'un prix peu élevé, il est indispensable de recourir à des matériaux bon marché. Les laitiers de haut fourneau forment également un bon agglutinant. Leur composition chimique les rapproche des produits de la Céramique.

En résumé, les matières capables d'apporter des oxydes métalliques tels que les alcalis, les terres alcalines, la magnésie, l'oxyde de fer amèneront la production de silicates fusibles. Les substances fusibles joueront un rôle dans la masse, elles formeront un ciment qui agglutinera les molécules ou bien elles contribueront à la vitrification de la pâte.

II. — MATIÈRES PREMIÈRES DES COUVERTES. ÉMAUX ET COULEURS.

Sous les noms de *couvertes, vernis, glaçures,* nous désignons des compositions fusibles que l'on applique sur les pâtes céramiques. Leur fusion détermine la formation d'une couche vitreuse recouvrant la pâte. La nature de ces compositions est peu variable; on y rencontre, en général, de la silice, quelquefois de l'acide borique, unis à des alcalis, des terres alcalines ou de l'oxyde de plomb. Nous aurons lieu d'examiner, dans une étude spéciale, les couvertes, glaçures et vernis plus en détail.

Les émaux et les couleurs sont formés par une composition fusible contenant un élément colorant, dissous dans les émaux et en suspension dans les couleurs.

En résumé, nous allons rencontrer deux sortes de produits : des matières fusibles et des matières destinées à donner des colorations.

§ 1. — Matières premières des couvertes, fondants, émaux et couleurs.

Les matériaux auxquels on a recours sont ceux qui servent à former les verres en grande partie, quelques matières pourtant sont d'un emploi plus spécial en Céramique.

Silice. — Nous avons déjà décrit les matériaux siliceux.

Silicates. — Les silicates fusibles, feldspaths, cornish-stone, etc., servent également à la confection des couvertes.

Le mica lépidolite, particulièrement fusible, viendra-t-il à l'occasion rendre des services maintenant que son prix est considérablement abaissé? Il peut renfermer jusqu'à 5 pour 100 de lithine avec 12 pour 100 d'alcalis, 50 pour 100 de silice, 28 pour 100 d'alumine et de 5 à 8 pour 100 de fluor. A ces éléments principaux il faut ajouter de l'eau, de la soude, des oxydes de fer et de manganèse, quelquefois de la chaux et de la magnésie.

Les silicates argileux sont introduits dans les compositions qui nécessitent la présence d'alumine sans apport d'alcalis. On utilise aussi leurs propriétés plastiques pour la pose de certaines couvertes.

Acide borique et borates. — Certains fondants et quelques couvertes sont boraciques. C'est sous forme d'acide borique et de borax que le bore est introduit dans les couvertes et les fondants. On a essayé également la pandermite, borate de chaux naturel enrichi par purification; il semble, pour le moment, que le prix de revient de cette dernière matière soit encore un peu élevé.

L'acide borique est blanc, cristallisé en paillettes peu solubles dans l'eau froide (1 partie dans 35 parties d'eau). Soumis à l'action de la chaleur il fond dans son eau de cristallisation, se dessèche et subit la fusion ignée au rouge sombre. Il est volatil et dans les préparations où il entre de l'acide borique on constate souvent des pertes dues à la volatilisation pendant la durée de la chauffe.

L'acide borique du commerce n'est pas toujours d'une grande pureté, ainsi l'acide brut de Toscane renferme parfois jusqu'à 15 pour 100 de sels étrangers dont l'influence peut être nuisible. Certains échantillons sont beaucoup plus purs et se rapprochent suffisamment de l'acide borique hydraté. Il est bon d'essayer l'acide et d'y rechercher les matières étrangères (chlorures, sulfates).

$B(OH)^3 = 62$	B^2O^3	54,4 pour 100
	H^2O	45,6 »
$B^2O^3 = 70$	B	31,43 »
	O	68,57 »

Le borax remplace l'acide borique dans certaines préparations, car il y a presque toujours de la soude dans les compositions boraciques.

$2B^2O^3.Na^2O + 10H^2O$	B^2O^3	36,6 pour 100
	Na^2O	16,2 »
	H^2O	47,2 »

Le borate de soude de provenance anglaise est de bonne qualité, il est préparé par l'action de l'acide borique brut sur le carbonate de soude. Après plusieurs cristallisations il est suffisamment pur pour l'industrie. Le borax naturel est souvent accompagné de quantités considérables de sels étrangers et le raffinage ne permet pas toujours d'obtenir par ce moyen un produit aussi pur que le premier procédé. On fait aussi de bons borax en partant des borates de chaux naturels.

Le borax est plus soluble que l'acide borique (1 partie dans 12 parties d'eau). Soumis à l'action de la chaleur il fond dans son eau de cristallisation, se boursoufle et se déshydrate. Il subit ensuite la fusion ignée au rouge.

La pricéite ($3CaO.4B^2O^3.7H^2O$) et la boro-calcite

$$(CaO.2B^2O^3.6H^2O),$$

sont des borates de chaux naturels. A Panderma, dans l'Asie Mineure, on trouve de la borocalcite en quantités considérables; ce minerai convenablement enrichi porte le nom de *pandermite*. En mettant côte à côte une analyse de pander-

mite et de borocalcite il est facile de se rendre compte du départ d'une grande partie de l'eau de constitution et de la gangue.

	Pandermite.	Borocalcite.
Anhydride borique....	55,73	45,20
Chaux...............	37,07	30,70
Magnésie............	0,45	0,50
Anhydride sulfurique..	2,55	2,20
Anhydride carbonique.	traces	0,20
Alumine et oxyde de fer.	0,10	0,90
Eau.................	3,63	18,46
Résidu..............	0,38	1,78

La pandermite sera employable, dans un certain nombre de cas, aux lieu et place du borax si, comme nous l'avons dit, son prix ne reste pas trop élevé.

Carbonate de soude. — Le carbonate de soude ou soude commerciale se trouve sur le marché à l'état de cristaux de soude ($Na^2CO^3 + 10H^2O$) et de sel Solvay ou soude à l'ammoniaque (Na^2CO^3).

Le carbonate de soude hydraté s'effleurit à l'air et perd lentement 5^{mol} d'eau. Il fond dans son eau de cristallisation quand on le chauffe, la fusion ignée a lieu au rouge. Il est facilement soluble dans l'eau (64 parties dans 100 parties d'eau à 14°). Le sel du commerce renferme des sels étrangers (jusqu'à 15 pour 100), la présence des sulfates est particulièrement nuisible pour l'emploi en Céramique.

Le sel de soude anhydre est plus avantageux comme emploi dans les opérations où l'on fait intervenir la chaleur; il ne donne pas lieu à un dégagement d'eau considérable comme le carbonate hydraté. Dans le commerce on arrive à le livrer dans un état de pureté très satisfaisant (99 pour 100).

$$Na^2CO^3 = 106 \begin{cases} Na^2O \dots\dots\dots\dots & 58 \text{ pour } 100 \\ CO^2 \dots\dots\dots\dots & 41 \quad » \end{cases}$$

$$Na^2CO^3 + 10H^2O = 286 \begin{cases} Na^2O \dots\dots\dots\dots & 22 \quad » \\ CO^2 \dots\dots\dots\dots & 15 \quad » \\ H^2O \dots\dots\dots\dots & 63 \quad » \end{cases}$$

Carbonate de potasse. — Le carbonate de potasse a le fâcheux inconvénient d'être déliquescent. Il se dissout dans son poids d'eau froide. On l'emploie moins fréquemment que le sel de soude correspondant.

On doit éviter de se servir d'un sel impur renfermant des chlorures et des sulfates en quantités notables.

$K^2CO^3 = 138$	K^2O	68,00
	CO^2	32,00

Chlorure de sodium. — On trouve indiqué, dans les formules de quelques couvertes, l'emploi du chlorure de sodium au lieu de carbonate de soude. Pour le salage des grès on fait aussi usage de sel marin. Le chlorure de sodium ne peut donner directement du silicate au contact de la silice, mais, en présence de vapeur d'eau et de gaz réducteurs, il se transforme en silicate, à température élevée, en dégageant du chlore et de l'acide chlorhydrique.

$NaCl = 58,5$	Na	39,35
	Cl	60,65

Azotate de potasse. — Le salpêtre est un oxydant facile à décomposer, aussi trouve-t-on son emploi dans les préparations qui doivent contenir des alcalis et qui nécessitent une oxydation. L'azotate de potasse, utilisé pour ce genre d'opérations, doit être aussi pur qu'il est possible de le trouver dans l'industrie. Le salpêtre ordinaire contient toujours des chlorures et souvent des sulfates.

$KAzO^3 = 101$	K^2O	46,55
	Az^2O^5	53,45

Carbonates alcalino-terreux. — Carbonate de chaux (déjà étudié). Le carbonate de baryte a été utilisé accidentellement dans quelques couvertes ou fondants.

La présence du fer et du manganèse qui l'accompagnent souvent ne peut que gêner.

Composés du plomb. — Le plomb a été employé de bonne

heure pour la confection des couvertes. Les poteries communes ont une couverte à base de silicate de plomb.

Les potiers d'autrefois recouraient à l'alquifoux (PbS); il ne faudrait pas s'étonner outre mesure de rencontrer encore des fabricants de poterie grossière se servant de ce minéral.

On consomme en Céramique de la litharge, du minium et de la céruse. Le minium est préféré à la litharge à cause de son degré plus élevé d'oxydation. On court moins de risque, par son emploi, d'obtenir des réductions du plomb; le minium, en effet, se comporte comme un oxydant, quand on le chauffe, puisqu'il laisse dégager l'oxygène qu'a pris le protoxyde pour former Pb^3O^4 à une température qui n'est pas très élevée.

Le minium se trouve sous forme d'une poudre dont la couleur rouge est bien connue. Il est souvent fraudé et mêlé à des matières telles que la brique pilée, l'oxyde de fer. Le minium fait au moyen de la céruse a une teinte plus orange que le minium provenant de l'oxydation, c'est la mine orange. En général, le minium contient un excès de protoxyde de plomb. Calciné fortement, il perd de l'oxygène et passe à l'état de protoxyde; théoriquement la perte de poids devrait être de 2,34 pour 100.

$Pb^3O^4 = 685$	Pb	90,65
	O	9,35

Dans quelques formules on trouve aussi l'indication de la litharge. Le protoxyde de plomb est un peu plus riche en plomb que le minium, mais l'écart entre les deux composés est faible.

$PbO = 223$	Pb	92,80
	O	7,20

La céruse ou hydrocarbonate de plomb a une composition variable avec le mode de préparation. La formule que nous reproduisons est une formule moyenne.

$2PbCO^3.Pb(OH)^2 = 775$	PbO	86,34
	CO^2	11,34
	H^2O	2,32

La céruse est souvent fraudée avec du sulfate de baryte. La

couleur blanche et le poids spécifique de ce dernier composé se prêtent à cette manœuvre.

Fluorure de calcium. — Le spath-fluor est un corps assez fusible. La nature nous le donne sous des aspects variables comme coloration, mais tous ces genres de spath-fluor donnent une poussière blanche dont la manière de se comporter est sensiblement toujours la même. En présence de silice et de silicates, le fluor contenu dans ce minéral donne naissance à des réactions complexes avec départ plus ou moins complet du fluor. Quelle que soit la réaction elle peut amener la perte de la transparence de la couverte. Le fluorure de calcium est employé aussi pour préparer des colorants fluorés tels que le fluosilicate de chrome.

$CaFl^2 = 78$	Ca	51,28
	Fl	48,72

Cryolite. — Le fluorure double de sodium et d'aluminium est plus fusible que le fluorure de calcium. Il peut servir aux mêmes usages. Il entre dans la composition de certains verres opales.

$Al^2Fl^6.6NaFl = 420,80$	Al	13,02
	Na	32,80
	Fl	54,18

Oxyde de bismuth. — L'oxyde de bismuth sert particulièrement à préparer les fondants pour la dorure. On a proposé aussi des fondants à base d'oxyde de bismuth en remplacement des fondants plombeux employés pour les couleurs.

$BiO^3 = 468$	Bi	89,70
	O	10,30

L'oxyde de bismuth se prépare en calcinant légèrement l'azotate basique obtenu en précipitant par l'eau la solution d'azotate de bismuth. On peut plus simplement employer l'azotate basique directement; sa décomposition s'opère avec facilité en oxydant les matières réductrices qui peuvent accidentellement se trouver en contact avec le fondant.

L'oxyde précipité est hydraté.

La préparation de l'azotate basique se fait en dissolvant le métal dans l'acide azotique. La liqueur est ensuite étendue d'eau jusqu'à commencement de précipité; le premier dépôt qui se forme renferme, en même temps que du bismuth, l'arsenic qui accompagne le métal. En versant la liqueur dans un grand excès d'eau chaude il se produit un abondant précipité qui est constitué par un azotate basique.

Il reste en solution de l'azotate neutre, inaltéré par suite de la mise en liberté d'acide azotique libre. On peut après neutralisation précipiter le bismuth, resté en solution, sous forme d'oxyde en ajoutant un alcali ou faire des précipitations partielles.

§ 2. — Composés employés dans la préparation des colorants.

Alumine. — L'alumine n'apporte aucune coloration dans les couvertes, seulement elle modifie les tons donnés par certains oxydes colorants. Vis-à-vis de protoxydes, elle se comporte comme anhydride et donne des aluminates, composés possédant une couleur propre.

L'alumine doit être exempte de fer, c'est une condition qui n'est pas toujours facile à réaliser. On trouve cependant dans le commerce de l'alumine de très belle qualité. Si l'on avait besoin de préparer cet oxyde il faudrait recourir à la précipitation d'un sel par l'ammoniaque ou à la décomposition de l'azotate par la chaleur. La calcination de l'alun ammoniacal n'est pas à recommander car il est très difficile de chasser complètement l'acide sulfurique et le sulfate d'ammonium par la chaleur.

L'alumine précipitée séchée est formée par l'hydrate normal $Al^2(OH)^6$ ou $Al^2O^3 + 3H^2O$. Par calcination c'est l'oxyde anhydre qui se produit, Al^2O^3.

Rappelons ici que l'alumine calcinée et les aluminates résistent à l'action d'un certain nombre de réactifs. Son meilleur dissolvant est l'acide sulfurique convenablement étendu [1]. Le

---

[1] 8 d'acide et 3 d'eau (Mitscherlich).

sulfate acide de potassium et la potasse fondue réagissent énergiquement sur ces corps.

$Al^2O^3 = 102,80$	Al	53,30
	O	46,70
$Al^2O^3, 3H^2O = 156,80$	Al^2O^3	65,05
	H^2O	34,95

Oxyde de chrome. — L'oxyde de chrome se prépare généralement en réduisant le bichromate de potasse par le soufre. Ordinairement on introduit le mélange, fait non dans les rapports théoriques, mais de manière à renfermer un excès de soufre (la moitié du poids du sel), dans un creuset rouge, en ne projetant la masse que par petites portions. On lessive le culot obtenu après refroidissement pour le débarrasser du sulfate de potasse dont il est imprégné. On opère plus simplement en enflammant le mélange de soufre et bichromate dans un têt, puis on lessive. Le bichromate d'ammonium légèrement chauffé peut être enflammé; sa combustion donne également comme résidu de l'oxyde de chrome qu'il n'est plus nécessaire de laver.

Un oxyde très divisé et d'un beau vert s'obtient en chauffant fortement un mélange de 4 parties de bichromate et 1 partie d'amidon, pulvérisés et mêlés intimement. Il se forme en même temps que de l'oxyde de chrome du carbonate de potasse que l'on enlève par des lavages.

Par calcination du chromate mercureux on peut préparer de l'oxyde plus ténu que les précédents, il est en revanche d'un prix de revient beaucoup trop élevé pour un usage courant.

L'oxyde de chrome donne des verts.

$Cr^2O^3 = 152,40$	Cr	68,51
	O	31,49

Chromates. — Le chromate de baryte a été indiqué comme donnant un très beau jaune, depuis fort longtemps. On le prépare en précipitant une solution de chlorure de baryum par une solution de chromate neutre de potasse. Le précipité est jaune, insoluble dans l'eau mais soluble dans l'acide azotique.

$BaCrO^4 = 253,2$	BaO	60,43
	CrO^3	39,57

Le chromate de fer est un précipité brun rouge dont la composition n'est peut-être pas connue avec toute la certitude désirable. Brongniart a indiqué une préparation singulière (l'action du chromate neutre de potasse sur le sulfate ferreux) qui devait donner surtout de l'hydrate ferrique ou un sel basique.

On peut obtenir le chromate de fer plus sûrement en précipitant un sel ferrique, le chlorure par exemple, au lieu d'un sel ferreux. Le précipité est soluble dans l'acide chlorhydrique. Préparé avec une solution acide et mal lavé le sel peut contenir du chromate de fer et de potassium.

Le chromate de cobalt s'emploie dans les verts, il est obtenu par précipitation comme le chromate de baryte, seulement on part du sulfate de cobalt. Sa formule serait [1]

$$CrO^4Co.Co(OH)^2 + H^2O.$$

Ce chromate n'est donc pas un chromate neutre, mais bien un sel basique, si toutefois l'oxyde de cobalt hydraté que l'on y trouve n'est pas seulement à l'état de mélange. A l'ébullition on obtient un précipité gris de composition différente

$$CoCrO^4.2Co(OH)^2 + 2H^2O.$$

Ce précipité est gris et s'oxyde à l'air pendant les lavages. On peut arriver à un colorant aussi avantageux par un procédé détourné, en évaporant le résidu du traitement d'un sel de cobalt (azotate de préférence) par le chromate d'ammonium.

Le chromate de plomb doit être exempt de sulfates (il contient souvent des sulfates de plomb, de chaux et de baryte). On le prépare en précipitant un sel de plomb en dissolution par une solution de chromate de potasse. Le précipité est jaune et ne contient pas d'oxyde de plomb en excès. Si l'on n'a pas le soin de vérifier la neutralité de la solution du sel de plomb on s'expose à précipiter un autre chromate. En présence d'alcalis le chromate de plomb devient rouge, il est alors basique.

$PbCrO^4 = 323,20$	PbO	69
	CrO^3	31

(1) D'après Freese.

Oxyde de cobalt. — L'oxyde de cobalt se trouve dans le commerce sous forme de poudre noire, dont la couleur peut parfois tirer sur le brun, si la matière renferme du sesquioxyde en quantité importante. L'oxyde noir du commerce est formé en majeure partie de Co^3O^4, il renferme généralement au moins 70 pour 100 de cobalt métallique.

$$CoO = 165,80 \begin{cases} Co \dotfill 78,61 \\ O \dotfill 21,39 \end{cases}$$

Ce colorant se trouve dans le commerce à différents états de pureté. Il est pour ainsi dire toujours accompagné d'oxyde de nickel; il peut aussi contenir de l'arsenic, du soufre provenant du minerai et incomplètement éliminés pendant le traitement. Le nickel agit d'une manière fâcheuse sur les colorations fournies par l'oxyde de cobalt; il transsude à travers la masse et vient former des taches foncées. Quand on désire de l'oxyde de cobalt exempt de nickel il n'y a d'autre ressource que la purification de celui du commerce ou l'achat d'oxyde convenablement préparé chez un marchand de produits chimiques consciencieux.

La purification se fait en précipitant la solution de cobalt nickélifère par l'azotite de potasse. Pratiquement on se sert d'azotite de soude et de chlorure de potassium. A la liqueur neutralisée par la potasse on ajoute un peu d'acide acétique, puis le mélange d'azotite et de chlorure alcalin; il se forme un précipité jaune qu'on lave

$$[3\,(CoO.Az^2O^3 + K^2O.Az^2O^3) + H^2O]$$

avec une solution d'acétate de potasse au $\frac{1}{9}$, additionnée d'un peu d'azotite. Cette purification est coûteuse par suite de la dépense de produits qu'elle occasionne et du temps qu'elle demande.

Les oxydes provenant des minerais sulfurés ou arséniés sont exposés à renfermer des traces de soufre et d'arsenic, il n'en est pas de même de ceux qui proviennent des oxydes naturels contenus dans les asbolanes. En revanche ces derniers oxydes peuvent contenir du fer, ce métal étant le compagnon du cobalt dans ces minerais.

Les oxydes allemands sont désignés par des lettres; nous

allons donner quelques renseignements sur leur composition et nous ferons suivre la liste des oxydes de celle de quelques composés du cobalt qu'il est bon de connaître.

Oxydes.	Teneur pour 100 calculée en protoxyde CoO.	NiO.
GKO	95,4	2,5
FFKO	95,4	0,5
FKO	95,0	5,0
RKO	86,4	6,0
PO	85,5	7,5
Hydrocarbonate KOH	54,6	5,5
Phosphate PKO	40,7	2,0
Arséniate AKO	36 à 30	3 à 5

Quand on veut essayer chimiquement un oxyde de cobalt, il est commode de faire la recherche du nickel en opérant la séparation du nickel et du cobalt par le nitroso-β-naphtol. Le nitroso-β-naphtol, en solution acétique, précipite la solution de cobalt à l'état de nitroso-β-naphtolate, tandis que le nickel reste en solution. Il faut opérer sur des liqueurs exemptes d'acide minéral libre.

On ajoute d'abord de l'ammoniaque jusqu'à précipitation, on redissout le précipité dans l'acide chlorhydrique, puis l'on verse un volume égal à celui de la liqueur d'acide acétique à 50 pour 100 et la solution de nitroso-β-naphtol dans l'acide acétique. Il se forme par le repos un précipité volumineux de composé cobaltique que l'on sépare par filtration. On recherche le nickel dans le filtrat. Il est nécessaire, pour bien réussir cette recherche, d'employer du nitroso-β-naphtol entièrement soluble dans l'acide acétique sans résidu.

Cette méthode, peu connue en France, est précieuse pour des essais de ce genre, car elle est très expéditive.

Phosphate de cobalt : $Co^3(PO^4)^2 + 8H^2O$. — Le phosphate de cobalt s'obtient par précipitation d'un sel de cobalt par du phosphate de soude. Il faut que le phosphate de soude soit additionné de carbonate de soude en quantité correspondant à la

formation d'un phosphate trialcalin : $0^{mol},5$ de carbonate pour 1^{mol} de phosphate ou 143 de carbonate de soude à 10^{mol} d'eau et 364 de phosphate de soude ordinaire bibasique à 12^{mol} d'eau. Comme ce dernier sel est efflorescent il est bon de vérifier son hydratation avant l'usage, car il peut perdre à la température ordinaire $5\,H^2O$.

Le précipité de phosphate de cobalt est rose; il est gélatineux. Le sulfate de cobalt en excès dissout à froid le phosphate de cobalt; à chaud, il y a précipitation du phosphate dissous.

Le phosphate de cobalt et l'arséniate de cobalt ont même composition.

Carbonate de cobalt. — Quand on précipite à froid un sel de cobalt par un carbonate alcalin il se forme un carbonate basique $2[CoCO^3 + Co(OH)^2] + 5H^2O$. Lavé à l'eau bouillante il change de composition et devient $2CoCO^3 + 3[Co(OH)^2] + H^1O$ par perte de gaz carbonique. Le premier de ces corps est rose, le second est violacé.

Le carbonate hydraté $3CoCO^3 + 2H^2O$ ne s'obtient que par la digestion du sel basique dans une solution de bicarbonate d'ammoniaque.

Le carbonate de cobalt employé en Céramique est un carbonate basique.

Oxyde de nickel. — Les composés du nickel n'ont pas l'importance des composés du cobalt, néanmoins ils sont utilisés pour l'obtention de certains bruns.

L'oxyde de nickel est gris verdâtre, il donne moins facilement que l'oxyde de cobalt des oxydes supérieurs par calcination à l'air. Obtenu par calcination de l'hydrate, du carbonate ou de l'azotate, il peut renfermer du sesquioxyde. Si l'on précipite une solution d'un sel de nickel par la potasse ou la soude il se produit de l'hydrate de nickel $Ni(OH)^2 = NiO, H^2O$, en flocons vert pomme.

$$NiO = 74,80 \begin{cases} Ni \dots\dots & 78,60 \\ O \dots\dots & 21,40 \end{cases}$$

Nous avons dit que la calcination de certains composés de nickel pouvait amener la formation de sesquioxyde. Ce dernier corps se produit si la décomposition n'est pas effectuée à trop haute température.

L'oxyde de nickel, étant soluble dans l'ammoniaque, ne peut être précipité que par des alcalis fixes; comme le précipité est très difficile à bien laver il y a avantage à employer, autant que faire se peut, l'oxyde provenant de la calcination de l'azotate. Le produit ainsi obtenu ne renferme pas de matières étrangères s'il a été convenablement préparé.

Carbonate de nickel. — La précipitation d'un sel de nickel par un carbonate alcalin donne un hydrocarbonate de composition mal définie. Traitée à froid par un carbonate, la solution de nickel donne un précipité qui, séché à 100°, aurait pour composition $2CO^3Ni + 3Ni(OH)^2 + 2H^2O$.

Oxyde de fer. — L'oxyde de fer Fe^2O^3 a été longtemps préparé par la calcination du sulfate ferreux. C'est un ancien procédé qui se trouve indiqué dans les ouvrages et que l'on emploie encore. Pour obtenir du sesquioxyde de fer par cette méthode, on commence par dessécher à une douce chaleur le sulfate ferreux. L'eau de cristallisation se dégage lentement au voisinage de 100° presque complètement; on obtient au bout d'un certain temps une masse pulvérulente grise qui ne renferme que 1mol d'eau. Cette dernière molécule d'eau n'est chassée qu'à température plus élevée (300°). Si, au lieu d'opérer doucement la déshydratation du sel, on chauffe brusquement la masse, le sel fond dans l'eau de cristallisation, puis forme des magmas dont la décomposition se fait moins régulièrement que celle de la poudre préparée par dessiccation lente. Au rouge sombre le sulfate se décompose en donnant de l'oxyde ferrique et des composés oxygénés du soufre. On lave l'oxyde obtenu avec soin.

$Fe^2O^3 = 160$	Fe	70
	O	30
$Fe^2O^3, 3H^2O = 214$	Fe^2O^3	74,80
	H^2O	25,20

L'oxyde de fer a une coloration variable avec les conditions de sa préparation. Fortement calciné, il est violacé; faiblement chauffé, sa teinte tire plutôt sur le rouge. En partant de l'hydrate ferrique on peut arriver aux mêmes résultats, il suffit de précipiter le chlorure ferrique par l'ammoniaque, puis de sécher et calciner le précipité après lavages.

Ce genre de calcination se fait très avantageusement dans un moufle à gaz; la répartition de la chaleur se faisant plus également on peut obtenir des produits plus homogènes qu'avec le chauffage direct.

En abandonnant à l'air une solution de sulfate ferreux, il se dépose un hydrate ferrique jaunâtre. Le précipité est recueilli au bout de quelques jours et lavé. On sèche ensuite à l'air.

L'oxyde de fer précipité par l'ammoniaque est employé aussi dans certains cas; sa préparation est bien connue. Le sesquioxyde calciné est anhydre, celui qui provient de l'oxydation du sulfate ferreux doit avoir la composition de la rouille $2Fe^2O^3.3H^2O$; enfin l'oxyde précipité par les alcalis est l'hydrate normal $Fe^2O^3.3H^2O$.

A côté de l'oxyde de fer nous pouvons placer certains corps de la nature que l'on peut utiliser parfois pour amener du fer dans les compositions. On trouve dans Brongniart [1] les terres ferrugineuses (terre d'ombre, terre de Sienne), les ocres jaune et rouge indiqués comme pouvant servir de colorants. Ce sont des matières de composition fort variable.

Le grès de Thiviers a été employé à la Manufacture de Sèvres pour préparer les rouges de la frise de grès du grand Palais de 1900. C'est une silice fortement ferrugineuse.

Oxyde de manganèse. — Le bioxyde de manganèse naturel (pyrolusite) se rencontre dans un état de pureté variable. Il peut renfermer parfois des quantités assez considérables de matériaux étrangers tels que des oxydes de fer et des carbonates. Quand il est pur, il est utilisable tel quel à l'état de bioxyde ou calciné à l'état d'oxyde salin Mn^3O^4. La préparation

---

(1) *Traité des Arts céramiques*, 2e éd., p. 539.

du bioxyde pur est longue par voie chimique, mais on peut très bien remplacer le bioxyde par l'oxyde salin plus facile à préparer.

Un sel de manganèse, exempt de fer, précipité par un carbonate alcalin, donne du carbonate de manganèse. Ce sel lavé, puis calciné, donne de l'oxyde salin Mn^3O^4.

$Mn^3O^4 = 229$	Mn	72,20
	O	27,80
$MnO^2 = 87$	Mn	63,22
	O	36,78

Oxyde de zinc. — Par lui-même ce composé n'apporte aucune coloration, puisque les sels de zinc sont blancs. Ajouté à certains oxydes colorants il modifie leur teinte; il est probable que la formation de zincates n'est pas étrangère à ce phénomène.

L'oxyde de zinc provenant de la combustion du zinc ne semble pas réunir toutes les qualités désirables pour l'emploi dans les couleurs; il peut pourtant être obtenu très léger et très divisé.

On se sert avantageusement de l'hydrocarbonate de zinc qui, par calcination, donne de l'oxyde de zinc. Ce corps s'obtient en dissolvant du zinc métallique dans un acide. Une fois le métal complètement entré en solution, on peroxyde la liqueur soit par le chlore, soit par l'acide azotique, pour transformer le fer en sel ferrique. La liqueur est alors étendue, puis additionnée de carbonate de sodium en petite quantité, le précipité qui se forme entraîne le fer. On rejette ce premier dépôt et l'on précipite totalement la solution de zinc par le carbonate de sodium.

Le précipité obtenu dans les liqueurs chaudes est exempt d'alcali et pulvérulent. La composition de ce précipité n'est pas très bien connue. Lefort indique $3CO^3Zn.5Zn(OH)^2 + H^2O$, Rose lui assigne la composition $4CO^3Zn.5Zn(OH)^2 + H^2O$ après dessiccation à 100°; dans le Traité de Brongniart l'auteur signale une analyse se rapportant à un corps voisin de $3CO^3Zn.6Zn(OH)^2 + H^2O$. Le mieux est de calciner une petite partie de la matière séchée et d'y doser l'oxyde de zinc.

$ZnO = 81,20$	Zn	80,25
	O	19,75
$ZnO.H^2O = 99,20$	ZnO	81,90
	H^2O	18,10

Oxyde d'urane. — Dans le commerce on se sert du nom d'oxyde d'urane pour les différents composés d'urane que consomme la Céramique; on distingue ces différents corps par leur couleur; ainsi l'oxyde d'urane s'appelle *oxyde noir d'urane;* l'uranate de sodium, *oxyde citron;* l'uranate de plomb, *oxyde orange.*

Les composés d'urane proviennent de Joachimstchal et de Saxe; il existe aussi une marque française.

L'oxyde d'urane est noir quand il est à l'état uraneux [UO^2] et brun lorsqu'il est à l'état uranique ou d'oxyde d'uranyle $(U^2O^2)O$[UO^3]. Le minerai d'urane est la pechblende. Ce minerai traité par l'acide sulfurique, additionné par petites portions d'acide azotique, est maintenu en présence de ce réactif, à chaud, jusqu'à ce que la masse soit devenue complètement blanche. On reprend par l'eau et l'on fait passer de l'acide sulfhydrique qui précipite les métaux étrangers. La liqueur, bouillie et peroxydée par l'acide azotique, donne par addition d'ammoniaque de l'uranate d'ammonium. Ce précipité est purifié par digestion avec de l'ammoniaque, additionnée de carbonate d'ammonium. La liqueur laisse déposer du carbonate d'urane et d'ammonium. Ce sel calciné donne de l'oxyde vert d'urane U^3O^4[U^3O^8]. Les eaux mères, traitées par le sulfure d'ammonium, laissent déposer des sulfures (cobalt, nickel, zinc, manganèse); on filtre alors et l'on fait bouillir la liqueur qui laisse déposer de l'uranate d'ammonium. Ce sel donne aussi par calcination U^3O^4.

On se sert surtout en Céramique de l'uranate de sodium, de l'uranate de plomb et de l'oxyde d'urane. Il est facile de préparer ces divers composés en partant de l'azotate d'urane, obtenu en dissolvant U^3O^4 dans l'acide azotique.

L'oxyde vert d'urane se prépare par la calcination de l'uranate d'ammonium ou de l'azotate d'urane.

L'oxyde uranique U^2O^3[UO^3] se forme dans la calcination ménagée (250°) de l'azotate.

Ces formules sont celles relatives à $U = 120$, celles entre crochets à $U = 240$.

Uranates. — L'uranate d'ammonium se précipite quand on verse de l'ammoniaque dans un sel uranique. C'est une poudre

jaune, peu soluble dans l'eau, surtout dans l'eau chargée de sel ammoniaque, décomposable par la chaleur.

L'uranate de plomb est orangé; on peut l'obtenir par l'action de l'acétate d'urane sur la céruse.

Oxyde de cuivre. — L'oxyde de cuivre CuO s'obtient facilement par oxydation directe du métal. En chauffant au contact de l'air des débris de cuivre propres, le métal se recouvre d'une couche noire d'oxyde. On bat les morceaux de métal pour faire tomber la couche d'oxyde qui les recouvre, puis on soumet le résidu non oxydé à une nouvelle calcination. Ces manœuvres sont répétées jusqu'à disparition complète du cuivre métallique. L'oxyde préparé par oxydation est noir, en écailles poreuses.

On obtient de l'oxyde plus divisé et plus dense par la calcination de l'azotate. Le cuivre est dissous dans l'acide azotique, puis on évapore à sec le résidu jusqu'à ce que la masse soit colorée en vert. On détache alors le produit solide de la capsule qui le contient et l'on chauffe dans des têts de terre jusqu'à ce qu'il soit devenu absolument noir.

Les changements de notation chimique et les différentes dénominations données aux oxydes de cuivre peuvent faire naître des confusions. L'oxyde noir de cuivre que nous venons de décrire est le protoxyde de CuO (anciennement dénommé *bioxyde*), c'est de lui qu'il s'agit quand on écrit *oxyde de cuivre* sans autre désignation.

L'oxyde rouge de cuivre, le sous-oxyde Cu^2O (anciennement protoxyde) a été indiqué parfois dans quelques compositions. On peut le préparer en chauffant de l'oxyde de cuivre avec du cuivre métallique divisé (5 parties de CuO et 4 parties de Cu en limaille). On peut plus commodément recourir au procédé de Malaguti [1] et chauffer un mélange de :

Sulfate de cuivre..............	100
Carbonate sodium cristallisé....	57

ou

Carbonate sodium anhydre	21

[1] MALAGUTI, *Ann de Chim. et de Phys.*, t. LIV, p. 217.

Il n'est pas nécessaire de porter le tout à une très haute température, il suffit que la masse soit concrétée. On pulvérise alors le tout et l'on y ajoute 25 parties de limaille de cuivre. La masse est fortement chauffée et maintenue au feu le plus violent du fourneau pendant 20 minutes. Après refroidissement la masse pulvérisée et lavée donne du sous-oxyde Cu^2O d'un beau rouge, très divisé.

Oxyde d'antimoine. — Le nom d'*oxyde d'antimoine* ne doit s'appliquer qu'à l'oxyde antimonieux Sb^2O^3. Ce composé est blanc, soluble dans les acides chlorhydrique, sulfurique et tartrique. Sous l'action de la chaleur sa couleur passe au jaune et retourne au blanc par refroidissement; au rouge il s'oxyde et se transforme en antimoniate d'antimoine $Sb^2O^3.Sb^2O^5$.

L'oxyde d'antimoine est utilisé comme opacifiant car il donne du blanc avec certains fondants. Son emploi est surtout dans l'émaillerie. Néanmoins dans les couleurs céramiques on a introduit parfois cet oxyde. L'oxyde antimonieux se prépare par l'oxydation directe de l'antimoine; il vaut mieux se procurer ce composé que de le fabriquer, car les fumées d'antimoine sont dangereuses à respirer. La précipitation du chlorure d'antimoine par le carbonate de sodium donne de l'oxyde hydraté, que la chaleur transforme facilement en oxyde anhydre.

L'industrie livre maintenant des oxydes d'antimoine, titrant de 97 à 98 pour 100 d'oxyde Sb^2O^3.

Acide antimonique. — C'est l'*oxyde antimonique* Sb^2O^5 que l'on obtient en traitant l'antimoine par l'acide azotique.

Antimoniates. — Les antimoniates dérivent de l'anhydride ou oxyde antimonique Sb^2O^5. Les antimoniates employés en céramique sont l'antimoniate de potassium et l'antimoniate de plomb. L'antimoniate de plomb est souvent additionné de corps tels que l'oxyde de zinc et l'oxyde de fer destinés à modifier sa coloration; quelquefois on trouve aussi indiqué l'emploi d'antimoniate de fer.

L'antimoniate de potassium ne sert qu'à la préparation de

l'antimoniate de plomb. L'antimoniate de plomb étant d'un beau jaune on l'utilise comme colorant.

L'antimoniate de potassium dont il s'agit ici est désigné sous le nom d'*antimoine diaphorétique*, c'est un antimoniate de potassium obtenu en traitant l'antimoine par l'azotate de potassium. On broie 1 partie d'antimoine, puis on le mélange à quatre fois son poids d'azotate de potassium pulvérisé. On jette alors le mélange par petites portions dans un têt porté au rouge. On lave le résidu et il reste un antimoniate acide $K^2O, 2Sb^2O^5$. Brongniart indique, pour préparer ce sel, des proportions différentes (1 d'antimoine et 2 d'azotate). Cet antimoniate est employé avec l'oxyde de plomb, il donne de l'antimoniate de plomb.

L'antimoniate de plomb se trouve dans le commerce sous le nom de *Jaune de Naples;* sa composition présente des variations. On prépare l'antimoniate de plomb, soit en partant de l'antimoniate de potassium, soit en chauffant l'acide antimonique avec du minium. Certains praticiens se dispensent même de l'acide antimonique, ils font un mélange d'oxyde de plomb et d'antimoine qu'ils calcinent. L'antimoniate de plomb n'est pas un composé très chimiquement défini, c'est probablement un mélange d'un antimoniate de plomb et d'un excès d'un des composants. Les fabricants de couleur l'appellent souvent *oxyde jaune*.

Arsenic. — On désigne ainsi dans l'industrie l'anhydride arsénieux, il ne se dissout pas dans certains fondants qui deviennent blancs et opaques. Il est blanc, volatil et l'on sait que c'est un poison violent.

Arséniate de potassium. — Ce sel peut servir à introduire de l'arsenic dans les préparations. Le seul des arséniates de potassium qui soit d'un maniement facile est l'arséniate monopotassique KH^2AsO^4. Les arséniates bi et tripotassiques sont l'un incristallisable, l'autre déliquescent.

On trouve parfois l'arséniate monopotassique affecté d'une ancienne désignation, biarséniate de potasse.

Oxyde d'étain. — L'oxyde d'étain que l'on utilise est l'oxyde

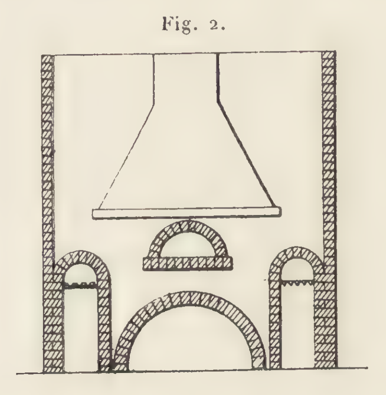
stannique. Ce n'est pas un colorant, comme les composés correspondants de l'arsenic et de l'antimoine il donne de l'opacité.

Le plus souvent l'oxyde d'étain du commerce est mélangé à de l'oxyde de plomb, il est obtenu en oxydant un alliage de plomb et d'étain fondus. Dans un têt à rôtir bien chauffé, l'opération se fait très bien, la masse se ternit puis se recouvre d'une couche jaunâtre d'oxydes. On a soin d'écumer pour empêcher la formation d'un enduit isolant contrariant l'oxydation. Quand l'incandescence cesse la transformation est terminée. Le produit de cette opération s'appelle *calcine*.

Le rapport du plomb à l'étain varie avec les fabricants, de sorte que les différentes calcines présentent des écarts dans leur composition.

Dans l'industrie la calcine se prépare dans des fours spéciaux, appelés *fournettes*. La fournette comprend une sole rectangu-

Fig. 2.



laire, chauffée par deux foyers disposés latéralement. La flamme rencontre un petit autel, passe au-dessus de la sole et vient sortir par l'ouverture placée au milieu de la fournette, au niveau de la sole. De là les gaz chauds se rendent dans la hotte disposée devant la fournette et montent dans la cheminée. Sur la sole de la fournette se fait l'oxydation du mélange. On peut opérer, ou dans la terre, ou dans la tôle ; à cet effet, la sole est recouverte d'une feuille de tôle disposée de manière à former cuvette. Les fournettes n'ont pas toutes les mêmes dimensions ; on n'a pas dépassé ordinairement 2^{m^2} de surface de sole.

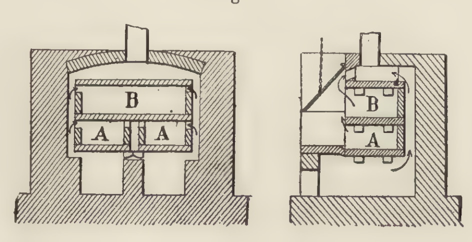
Pour préparer la calcine on commence par chauffer la fournette, puis on place le plomb et l'étain lorsqu'elle commence à rougir. Une fournette moyenne recevra une charge de 50^{kg} de plomb et $12^{kg},5$ d'étain. Une fois les métaux fondus, on voit se former à la surface du bain une couche d'oxyde dont la formation est accompagnée d'étincelles. On pousse l'oxyde au fond de la fournette à mesure qu'il prend naissance, de sorte que de nouvelles couches d'oxyde se succèdent avec rapidité. Deux cents kilogrammes de métal ne demandent pas plus de six à sept heures pour leur oxydation complète. On reconnaît la fin de l'opération à la disparition de toute incandescence. Pour obtenir une rapide combustion du métal, il faut, quand la masse est devenue solide, agiter fréquemment la couche de calcine de manière à renouveler les surfaces.

Les rapports indiqués plus haut peuvent subir des changements. Les fabricants, par économie, emploient aussi des calcines moins riches en étain, faites avec un alliage à 20 pour 100 d'étain. Quelquefois, pour obtenir un blanc intense, on force la teneur en étain jusqu'à 30 pour 100 (du poids de plomb).

Les plombs et les étains doivent être exempts de cuivre.

La fournette que nous avons indiquée a été modifiée. Voici le dispositif qui lui a été donné en Allemagne. La fournette comprend trois chambres rectangulaires, disposées l'une au-

Fig. 3.



dessus de l'autre. La chambre supérieure occupe toute la largeur de la fournette. Au-dessous se trouvent deux chambres plus petites. Ces chambres sont ouvertes à la partie antérieure et rappellent par leur disposition les moufles des fourneaux à coupelles : Les foyers sont en dessous de A; ils chauffent directe-

ment les deux moufles inférieurs, puis ensuite le moufle supérieur [1].

On commence l'oxydation dans les petites chambres A et B. Chacune d'elles reçoit une charge de 15^{kg} d'alliage qui se trouve oxydée en 1 heure. On porte de là la masse dans la chambre C où se termine l'oxydation. On peut donc en 10 heures oxyder 300^{kg} d'alliage.

L'oxyde d'étain s'emploie aussi à l'état pur. L'oxydation de l'étain par l'acide azotique donne l'acide métastannique qui se transforme par calcination en bioxyde d'étain SnO^2. L'étain chauffé à l'air brûle en donnant le même composé.

Argent. — L'argent métallique peut être employé avec un fondant pour l'argenture. On prendra pour cette opération de l'argent réduit. Le métal, obtenu par précipitation au moyen du cuivre, a été indiqué dans les auteurs. On peut se demander si un autre procédé de réduction, n'apportant pas le risque d'introduire du cuivre dans la préparation, n'aurait pas pu être proposé, par exemple, la réduction par le sucre.

On a employé aussi avec succès le carbonate d'argent. Il est facile de préparer ce sel par précipitation de l'azotate d'argent par le carbonate de sodium. Le précipité, lavé et séché, doit être conservé à l'abri de la lumière. Le carbonate d'argent est très facilement décomposable par la chaleur.

Chlorure d'argent. — Le chlorure d'argent entre dans la fabrication des couleurs vitrifiables d'une manière accessoire. On l'ajoute aux carmins pour leur donner de l'éclat.

Le chlorure d'argent se prépare par précipitation d'un sel d'argent soluble, tel que l'azotate. Quand on part d'argent renfermant du cuivre, la précipitation de la liqueur azotique par l'acide chlorhydrique n'entraîne pas le cuivre, on lave le précipité jusqu'à ce que les eaux de lavage ne donnent plus de réaction avec l'azotate d'argent (chlorures) et le ferrocyanure de

---

[1] Dans l'industrie on dit toujours *une* moufle. Littré mentionne dans son dictionnaire que l'usage a consacré cette exception à la règle.

potassium (cuivre). Pour éviter l'altération du chlorure par la lumière, il faut opérer soit à la lumière artificielle, soit dans des vases protégés de l'arrivée du jour.

Or. — L'or est utilisé pour la dorure, dans ce cas on l'additionne d'un fondant; il peut servir aussi à préparer les roses, les carmins et les pourpres.

L'or s'emploie précipité à l'état de métal très divisé. On a recours soit à l'azotate mercureux ou sulfate ferreux. On emploie aussi le pourpre de Cassius pour certaines préparations. Nous indiquerons plus en détail le mode de préparation convenable à employer, quand nous traiterons de la dorure et des couleurs.

Platine. — Le platine est quelquefois employé comme l'or à l'état métallique. Il donne en général un ton triste. On emploie pour cet usage le platine provenant de la décomposition par la chaleur du chloroplatinate d'ammonium.

Dans les couleurs le platine donne des gris que l'on peut utiliser.

Oxyde d'iridium. — L'oxyde d'iridium commercial est un résidu du traitement de la mine de platine, il est très impur. Il n'y a aucun avantage à se servir d'un semblable produit, car cet oxyde n'est pas comparable à lui-même; son emploi oblige à des essais à chaque nouvelle préparation pour s'assurer de son pouvoir colorant. Il est bien préférable de se servir d'oxyde d'iridium que l'on trouve maintenant facilement chez les industriels qui traitent la mine de platine. L'oxyde pur est plus cher que l'oxyde ordinaire, mais il est beaucoup plus colorant, n'introduit pas de matières inconnues dans les fondants et se comporte toujours de la même manière.

On peut purifier l'oxyde commercial de la manière suivante :

On commence par chauffer fortement l'oxyde d'iridium dans un moufle. Après cela on le fond avec du bisulfate de potassium qui dissout le rhodium. Le résidu de la fusion est lavé et séché.

Ce traitement, essayé sur de l'oxyde qui ne donnait qu'un ton

gris, a permis d'obtenir de très beaux noirs. L'oxyde ainsi préparé n'est pas pur, mais il est suffisamment exempt de matières étrangères pour les usages céramiques.

La préparation de l'oxyde chimiquement est une opération de laboratoire. On trouvera dans le procédé indiqué par M. Leidié (1) les moyens de préparation de ce composé. Ce dernier procédé est préférable aux méthodes indiquées jusqu'ici.

Titane. — L'acide titanique peut, sous l'influence de gaz réducteurs, se transformer en oxyde bleu de titane, de là la possibilité de son emploi.

En présence d'oxyde de fer il donne un jaune un peu roux.

L'emploi du titane, comme celui des métaux qui suivent, est encore restreint aux pièces artistiques et n'a qu'une importance modérée comme on le verra dans la suite.

Tungstène. — Associé à l'anhydride titanique, l'anhydride tungstique donne du jaune. Il conserve également sa couleur jaune dans certaines conditions. Seul en atmosphère réductrice il devient bleu (2).

La question du jaune de tungstène n'est pas élucidée, il est probable que l'anhydride titanique que l'on y introduit sert à empêcher la formation de silico-tungstate incolore.

Molybdène, Vanadium. — Les oxydes de ces métaux peuvent fournir des colorations variables avec la nature des atmosphères des fours (3). Leur utilisation n'a été faite qu'accidentellement, elle n'est pas entrée dans la pratique industrielle.

Glucine. — A été employée dans un colorant vert spécial.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. XXV, p. 9.

(2) Granger, *Comptes rendus*, t. CXXVII, 1898, p. 106.

(3) Granger, *Bull. Soc. chim.*, t. XIX, 1898, p. 793; Hertwig, *Sprechsaal*, 1903, p. 1845 et *Mon. scient.*, 1904, p. 282; *Sprechsaal*, 1904, p. 791 et *La Céramique*, 1904, p. 56.

CHAPITRE III.

ESSAI DES MATIÈRES PREMIÈRES ET ANALYSE DES PATES, COUVERTES, COULEURS.

I. — ESSAI CHIMIQUE.

L'analyse des matériaux composant les pâtes et les couvertes présente des difficultés lorsqu'il s'agit de substances silicatées. C'est le cas qui se présente le plus souvent, car les matériaux fréquemment employés sont des silicates plus ou moins complexes, comme nous venons de le voir.

Pour déterminer la valeur d'un échantillon de craie, d'oxyde de fer, etc., les méthodes de la Chimie analytique élémentaire peuvent suffire. Au contraire, l'essai chimique devient délicat s'il s'agit de substances telles que l'argile, le feldspath, par exemple.

L'analyse des silicates est un des problèmes les plus délicats de la Chimie analytique, aussi nous croyons devoir donner quelques détails sur cette question.

§ 1. — Analyse des silicates.

Beaucoup de méthodes ont été proposées pour établir la composition des composés tant naturels qu'artificiels qui renferment de la silice associée à divers oxydes. Leur nombre est là pour montrer les difficultés de la solution du problème. Nous allons examiner rapidement les principales méthodes employables et signaler quelques procédés nouveaux, peu connus, applicables à l'analyse des matières silicatées.

Nous puiserons autant que possible aux sources originales. Nous admettrons, comme point de départ, les méthodes adoptées par Rose et nous les compléterons par quelques citations empruntées aux Mémoires des auteurs. On a critiqué Rose, mais on a peu ajouté d'observations. Nous nous en tiendrons à ce qui a été publié.

Les silicates, au point de vue analytique, forment deux groupes : le premier comprend les silicates facilement attaquables par les acides (acide chlorhydrique, azotique ou sulfurique), le second renferme tous les composés qui résistent à l'action de ces réactifs et qui doivent subir un traitement spécial pour permettre la séparation de la silice des bases auxquelles elle est combinée.

Le traitement le plus simple consiste à soumettre les silicates à l'action d'un acide qui déplacera l'anhydride silicique et viendra se substituer à lui dans la combinaison silicatée. Dans le cas où ce traitement direct resterait sans effet, on transformerait par une opération préalable (la fusion avec un réactif approprié) le silicate ou un composé silicaté facilement attaquable par un acide.

Nous nous contenterons de considérer les cas les plus généraux et nous ne parlerons que des corps rencontrés le plus fréquemment.

A. — *Traitement des silicates attaquables par les acides.*

Le silicate, réduit en poudre fine et tamisé, est d'abord séché à 100° (nous n'envisageons pas le cas particulier des silicates hydratés perdant facilement de l'eau) puis pesé. On délaie ensuite la matière, dans une capsule, avec de l'eau de manière à former une bouillie claire, puis on ajoute de l'acide chlorhydrique de moyenne concentration. L'emploi d'acide chlorhydrique trop concentré gênerait la marche de l'opération; il pourrait se former une couche de silice qui engloberait la masse et empêcherait l'action ultérieure. Il est bon d'opérer au bain-marie et d'agiter fréquemment le mélange. Quand on ne sent plus de craquements lorsqu'on écrase la matière sur les parois de la capsule, on peut être assuré de la complète décom-

position du silicate. On ne peut, à ce moment, effectuer la séparation de la silice, par lavage et filtration; une partie de cette substance se trouve en solution dans l'acide et il faut évaporer la liqueur à siccité pour l'en extraire. L'évaporation permettra, en outre, de rendre insoluble dans les acides la silice mise en liberté. Il est bon vers la fin de l'opération de remuer la masse avec une baguette; elle se met alors en grumeaux que l'on chauffe au bain-marie jusqu'à ce que l'odeur de l'acide chlorhydrique ne se fasse plus sentir. La conduite de cette opération demande des précautions pour être menée à bonne fin. L'évaporation de la liqueur doit être effectuée au bain-marie et non sur un brûleur; en dépassant la température de l'ébullition de l'eau on s'expose à de graves erreurs, car la silice libre peut se recombiner à des bases dont on vient de la séparer et donner des sels qui résistent à l'action de l'acide. Il est bon d'agiter le mélange pendant toute la durée de l'attaque, car, faute de ce soin, il peut se former un bloc de silice gélatineuse, peu perméable aux acides, qui préserve de l'action du réactif des fragments de la matière à analyser.

Une fois desséchée et refroidie, la masse est humectée d'acide chlorhydrique et laissée au contact de l'acide sans chauffer pendant un quart d'heure. On ajoute ensuite de l'eau et l'on filtre, en lavant la silice par décantation. Les eaux de lavages entraînent souvent de petites quantités de silice, aussi est-il bon d'évaporer une seconde fois la liqueur et de la traiter de même que la première fois.

Dans l'attaque des silicates il est très difficile, pour ne pas dire impossible, d'obtenir de la silice pure; elle renferme toujours des quantités plus ou moins grandes d'oxydes dont il faut la débarrasser, de là la nécessité d'essayer la silice après calcination. La méthode la plus sûre et la plus simple pour s'assurer de sa pureté est d'opérer sa dissolution au moyen de l'acide fluorhydrique ou du fluorure acide d'ammonium. Par évaporation la silice disparaît à l'état de fluorure de silicium et les bases restent comme résidu à l'état de fluorures, que l'on transforme en sulfates. Il n'y a plus qu'à dissoudre ces sels et à traiter la solution pour en séparer les bases.

Comme précédemment, on recueille alors un peu de silice sur le filtre. On a proposé pour éviter cette double évaporation de maintenir le résidu de l'attaque quelque temps à 118°-120°; la silice est ainsi totalement insolubilisée. Ce mode opératoire est préférable au précédent; les auteurs le recommandent avec juste raison et on devrait l'employer toujours.

La silice filtrée est séchée; il est bon, pour éviter des pertes pendant les manipulations qui précèdent la calcination, d'introduire le filtre et son contenu encore un peu humides dans le creuset et de brûler le filtre au contact du précipité. Toute autre manière de procéder expose à des erreurs, car il est impossible de manier de la silice séchée pulvérulente sans en projeter.

La silice calcinée est mise à refroidir dans un exsiccateur, le creuset muni de son couvercle, et pesée.

On doit, pour peser la silice, prendre un certain nombre de précautions, car cette matière est très hygroscopique. Il faut, pendant le refroidissement, maintenir le creuset fermé, et peser le creuset dès qu'il est froid. Il est préférable de laisser le creuset refroidir dans un exsiccateur; on est sûr ainsi qu'il ne se chargera pas d'humidité, et l'on a la latitude de le peser plus tard. Il est bon de calciner une seconde fois le précipité et de le peser de nouveau pour s'assurer, par la concordance des poids, de la bonne détermination de la silice. Il est indispensable aussi de s'assurer de la pureté de la silice, ce qui se fait en chauffant celle-ci avec de l'acide fluorhydrique pur. La silice pure se volatilise complètement à l'état de fluorure de silicium, et, s'il y a un résidu, on l'humecte avec de l'acide fluorhydrique [1], on évapore et chauffe au rouge. Les bases restent à l'état de sulfates ainsi que l'acide titanique que l'on rencontre fréquemment dans les argiles; on en tient compte pour la suite de l'analyse.

Dans des analyses de mêmes substances, faites dans les mêmes conditions par le même opérateur, on trouve des petites discordances dans les quantités de silice et d'alumine; mais, si l'on fait la somme de ces deux nombres, on obtient des valeurs suffi-

---

[1] Ou du fluorure acide d'ammonium.

samment approchées. La silice a entraîné de l'alumine, l'alumine contient un peu de silice; la somme des deux reste la même.

La liqueur filtrée renferme, transformés en chlorures, les métaux qui étaient combinés à l'acide silicique. Les éléments les plus fréquents sont : l'aluminium, le fer, le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium. Le titane que l'on rencontre souvent en petites quantités dans les argiles sera examiné plus loin.

On sursature la liqueur par de l'ammoniaque fraîche pour précipiter l'alumine; la quantité de chlorure d'ammonium formé aux dépens de l'acide chlorhydrique libre de la solution suffit généralement aux besoins de la séparation.

Il ne faut pas se fier absolument à ceci, et il peut être bon d'ajouter du chlorure d'ammonium, avant de verser l'ammoniaque, si la solution est peu acide. On recommande alors de chasser l'excès de réactif par l'action d'une douce chaleur; on évite ainsi la précipitation d'un peu de chaux pendant la filtration et le lavage. Quand, à ce moment, on abandonne, pendant quelque temps, la liqueur contenant l'alumine précipitée, on voit se former à la surface du liquide une pellicule. Cette pellicule est due à la production de carbonate de calcium, par suite de la carbonatation il se fait du carbonate d'ammonium. Malheureusement, au sein d'une liqueur neutre, le précipité se laisse moins bien filtrer qu'en milieu ammoniacal; la pratique enseigne alors de filtrer le liquide ammoniacal chaud, dès que le précipité s'est déposé, d'opérer rapidement et de laisser les liquides le moins possible en contact avec l'air (1).

Le précipité contient l'alumine et l'oxyde de fer; une excellente méthode de séparation consiste dans l'emploi du nitroso-β-naphtol qui donne avec les composés ferriques un composé insoluble.

Pour cela on redissout l'alumine calcinée soit dans le bisulfate de potassium, soit comme l'indique Mitscherlich dans un

(1) La solubilité de l'alumine dans l'ammoniaque est trop faible pour entacher d'erreur les résultats.

mélange de 1 partie de SO^4H^2 et $\frac{3}{8}$ d'eau. On emploie vingt-deux fois le poids de l'alumine de ce mélange.

Une fois la dissolution effectuée on étend d'eau et l'on précipite les oxydes par l'ammoniaque. On lave le précipité et on le dissout dans le moins d'acide chlorhydrique possible; on ajoute alors une solution acétique de nitroso-β-naphtol en excès, puis la moitié du volume de la solution d'acide acétique à 50 pour 100.

Il se produit un précipité foncé de nitroso-β-naphtolate de fer qui augmente lentement et se dépose au bout de plusieurs heures. On le filtre, on le lave et on le calcine lentement, après lui avoir ajouté son volume d'acide oxalique pur. En opérant ainsi, la décomposition se fait sans explosion et le fer reste à l'état de sesquioxyde. On peut éviter l'introduction de l'acide oxalique en opérant lentement.

La chaux est précipitée par l'oxalate d'ammonium et dosée comme d'ordinaire.

On évapore ensuite la liqueur filtrée et l'on chauffe le résidu pour en chasser les sels ammoniacaux. Il reste à doser le magnésium et les métaux alcalins. On peut effectuer la séparation du magnésium et des métaux alcalins de différentes manières dont les principales sont : la précipitation de la magnésie à l'état de carbonate ammoniaco-magnésien, le traitement par l'oxyde mercurique et la précipitation à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

La première méthode, quoique recommandée par Rose, est d'un emploi délicat et je l'ai vu donner de mauvais résultats en des mains inexpérimentées. On réduit la liqueur à un petit volume et l'on y verse du réactif de Schaffgotsch (solution de 250^{g} de carbonate d'ammonium dans 360^{cm^3} de liquide ammoniacal de densité 0,92 complétée à 1^{l} par addition d'eau). Au bout de 24 heures le sel double s'est déposé, on le filtre après l'avoir lavé avec le réactif ci-dessus. D'après Fresénius les résultats sont critiquables en présence de la potasse, car la magnésie peut retenir des quantités appréciables de ce dernier corps, difficiles à enlever par lavage.

La méthode à l'oxyde de mercure serait excellente s'il était possible de préparer aisément de l'oxyde mercurique, par pré-

cipitation au moyen des alcalis, qui ne retienue ni potasse ni soude. Ce traitement très simple, puisqu'il suffit d'évaporer le liquide avec de l'oxyde délayé dans l'eau et de calciner le résidu, donne directement de la magnésie que l'on sépare par lavages des sels alcalins. Généralement les résultats sont trop élevés; en vérifiant la pureté du réactif, on constate qu'il laisse un résidu fixe quand on le chauffe au rouge.

La précipitation de la magnésie à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien doit être opérée à l'aide du phosphate d'ammonium [1], avec les précautions ordinaires. Après les lavages, il faut se débarrasser de la plus grande quantité de l'ammoniaque par la chaleur, puis précipiter par l'acétate de plomb le phosphate d'ammonium en excès. Le sel de plomb en surplus est précipité à son tour par l'acide sulfurique; les dernières traces peuvent être enlevées par l'acide sulfhydrique. Cette méthode est plus longue que les précédentes mais plus facile et plus sûre d'emploi. On a recommandé aussi pour enlever l'acide phosphorique, après la précipitation de la magnésie, de traiter par un sel de fer et d'entraîner cet acide en précipitant par l'ammoniaque. Cette manière de conduire l'analyse n'est pas à recommander aux chimistes débutants; mal conduite, la précipitation du phosphate basique de fer amène la formation d'un précipité gélatineux parfois très difficile à filtrer.

Avant de passer à la séparation et au dosage du potassium et du sodium, il faut chasser encore une fois les composés ammoniacaux que renferme la solution. Puis on transforme les sels alcalins en sulfates et on les pèse. On évapore ensuite leur solution avec un excès de chlorure de platine, puis le résidu est repris par l'alcool, lavé avec ce liquide et filtré. Le chloroplatinate est pesé sur filtre taré ou transformé en platine que l'on pèse; la soude reste dans la liqueur, on peut la doser à l'état de sulfate après avoir éliminé le platine.

---

(1) J'ai indiqué un moyen très simple de préparer ce sel suffisamment pur pour les besoins de l'analyse. (*Revue générale de Chimie pure et appliquée*, t. II, 1900, p. 92 et 202.)

H. Sainte-Claire Deville recommande d'effectuer la décomposition des silicates au moyen de l'acide azotique; les bases se trouvent alors à l'état d'azotates et l'on applique pour les séparations la méthode spéciale qu'il a inaugurée et dont on peut tirer grand parti.

Le silicate en poudre est chauffé avec de l'acide azotique dans une capsule de platine sur un bain de sable, ou mieux dans une étuve à air chaud. On recouvre la capsule d'une lame de platine formant couvercle et l'on chauffe jusqu'à ce qu'il commence à se dégager des vapeurs nitreuses. On humecte après refroidissement avec de l'azotate d'ammonium en solution concentrée, et l'on chauffe. Il se dégage alors de l'ammoniaque; on réitère ce traitement jusqu'à ce qu'il ne se forme plus d'ammoniaque libre. On ajoute alors de l'eau et l'on fait digérer le tout à une douce chaleur. On recueille ensuite sur un filtre la silice, l'alumine et l'oxyde de fer; en traitant ce résidu par l'acide azotique on dissout AlO^3 et Fe^2O^3 et on laisse la silice.

La liqueur filtrée contient la chaux, la magnésie et les alcalis, on les sépare et l'on dose comme précédemment.

Certains silicates, qui sont difficilement attaqués par les acides à la pression ordinaire, sont détruits sous pression par les mêmes acides. Cette manière de procéder n'est à recommander que dans des cas exceptionnels, l'emploi des tubes scellés introduit toujours des alcalis dans l'analyse dont il faut pouvoir faire la correction.

B. — *Traitement des silicates inattaquables par les acides.*

Les silicates inattaquables par les acides peuvent être transformés en silicates attaquables par les acides en les fondant avec certains corps convenablement choisis. Il n'y a plus qu'à traiter le nouveau silicate par un acide et à suivre la marche précédemment indiquée; seulement, le réactif introduit pour opérer la transformation ne permet pas de doser les éléments de même nature que lui et fait que l'analyse reste incomplète.

Les fluorures et l'acide fluorhydrique fournissent un moyen de désagréger facilement les silicates rebelles à l'action des

acides, mais la silice ne peut pas être dosée puisqu'elle se dégage alors à l'état de fluorure de silicium. Ce traitement, combiné au précédent, donne une méthode complète d'analyse.

Certains expérimentateurs ont cherché à permettre d'effectuer l'analyse avec une seule attaque. Nous examinerons jusqu'à quel point leurs méthodes sont applicables.

Fusion au carbonate de sodium. — Le silicate, réduit en poudre, est mélangé avec cinq à dix fois son poids de carbonate de sodium pur et anhydre. On peut remplacer le carbonate de sodium par du bicarbonate pur que l'on peut employer tel qu'on le trouve dans le commerce; il faut en introduire un poids double. On a indiqué, dans certains auteurs, l'usage d'un mélange équimoléculaire de carbonate de potassium et de sodium; cette complication peut être évitée.

L'avantage du mélange des deux carbonates réside dans sa fusibilité qui est plus grande que celle de chaque sel séparé.

La quantité de réactif à ajouter varie avec la nature du corps à analyser. Les corps alumineux s'attaquent mieux en présence d'une grande quantité de carbonate alcalin. Ainsi, pour attaquer une argile par ce procédé, on mêle la substance tamisée finement et pesée à huit fois son poids de carbonate de sodium pur et anhydre (1). D'ordinaire, on pèse la matière dans le creuset de platine qui doit servir à opérer la fusion, on ajoute alors le carbonate par petites portions, on remue le mélange avec un fil de platine de manière à faire un mélange aussi intime que possible. On chauffe ensuite, d'abord doucement, puis assez fortement pour amener la fusion de la masse. Quand la matière contenue dans le creuset est bien fondue, ou lorsque l'on ne voit plus se dégager de bulles gazeuses, l'attaque est terminée. On maintient la fusion tranquille pendant quelque temps encore, puis l'on enlève le creuset avec une pince et on le pose, pendant qu'il est encore rouge, sur bloc de fer ou de fonte poli. Le mélange se refroidit brusquement en opérant ainsi et se dégage facilement du creuset en pressant ce dernier légèrement. On

(1) On peut se servir aussi du bicarbonate.

fait tomber le culot du creuset dans une capsule, on l'arrose avec de l'eau tiède et on l'abandonne au repos quelques heures, du soir au lendemain, par exemple. On ajoute alors de l'acide chlorhydrique, petit à petit, de manière à ne pas provoquer une effervescence trop vive. Quand le dégagement de bulles est terminé, on s'assure de l'acidité de la liqueur que l'on évapore au bain-marie.

Pour s'assurer si la substance à analyser a été complètement décomposée par fusion avec le carbonate, on écrase pendant l'évaporation la matière contre les parois du vase; on peut reconnaître qu'il existe encore une certaine quantité de matière non attaquée au craquement qui se fait alors entendre.

On doit, pendant l'évaporation, agiter la masse avec une baguette de verre et la mettre en grumeaux. On chauffe, toujours au bain-marie, jusqu'à ce que l'odeur d'acide chlorhydrique ne se fasse plus sentir et que l'on ne trouve plus de grumeaux qui, lorsqu'on les écrase, paraissent encore humides à l'intérieur.

La masse est alors complètement sèche.

On humecte uniformément la matière, refroidie et desséchée, avec de l'acide chlorhydrique, et on laisse le tout en contact à la température ordinaire pendant une demi-heure; on ajoute ensuite de l'eau.

Toutes les parties solubles se dissolvent, tandis que l'acide silicique reste insoluble; il n'y a plus qu'à le filtrer.

Cette séparation de l'acide silicique est très difficile et demande de grandes précautions. Quelquefois, pour aller plus vite, on accélère l'évaporation en opérant soit au bain de sable, soit à feu nu.

La liqueur filtrée contient les bases à l'état de chlorures; on peut y doser l'alumine et le fer; il n'est pas possible, naturellement, d'y déterminer les alcalis, et il n'est pas avantageux de séparer les terres au milieu d'un aussi grand excès de chlorure de sodium. On ne peut pas effectuer la détermination des alcalis.

Procédé à la baryte. — En remplaçant le carbonate alcalin par la baryte, il semble possible de faire complètement l'ana-

lyse si la matière ne renferme pas de baryum, ce qui se présente fréquemment. La baryte attaque malheureusement les creusets de platine, et l'on se trouve obligé de recourir aux creusets d'argent qui ne peuvent supporter la température nécessaire à la désagrégation. Le boursouflement pendant la chauffe rend délicate l'opération. On peut faire l'attaque dans le nickel, seulement le creuset court le risque d'être attaqué.

On traite le culot comme un silicate attaquable par un acide, mais on se débarrasse, une fois la solution effectuée et la séparation de la silice terminée, de la baryte par l'acide sulfurique. On rencontre une autre difficulté : c'est le lavage complet du sulfate de baryum; ce dernier sel peut retenir des sels solubles.

Attaque à la chaux. — Deville a proposé d'employer le carbonate de calcium pour opérer la décomposition des silicates. La désagrégation se fait très bien, mais il reste dans le creuset un verre très difficile à enlever. Aussi, Deville indiquait-il d'arracher le culot sans se préoccuper des pertes, et de faire l'analyse sur une portion aliquote pesée; il employait le traitement à l'acide azotique pour les séparations [1].

Souvent les matières utilisées en céramique contiennent de la chaux; le procédé perd alors ses avantages. Il est, de plus, délicat à bien mener.

Lawrence Smith a modifié très heureusement ce procédé et on peut l'employer concurremment avec le traitement au carbonate de sodium pour faire l'analyse complète des silicates. Le premier permet de doser les alcalis et le second les autres éléments.

On mélange le silicate pulvérisé avec 5 fois son poids de carbonate de calcium et $\frac{3}{4}$ de son poids de chlorure d'ammonium. On chauffe doucement le fond du creuset pendant 45 minutes. Le mélange ne fond pas mais se fritte.

On traite alors le culot par l'eau chaude, on filtre et l'on pré-

---

(1) La méthode est décrite complètement dans le *Traité pratique d'analyse chimique* de Wöhler, édition française traduite et annotée par L. Grandeau et L. Troost, 1865, p. 126.

cipite par le carbonate d'ammonium, on évapore à un petit volume et l'on ajoute un peu de carbonate d'ammonium et d'ammoniaque. La liqueur filtrée contient les chlorures alcalins avec un peu de chlorure d'ammonium. Les résultats sont exacts si l'on n'a pas chauffé outre mesure.

Attaque par l'acide fluorhydrique. — Tous les silicates qui nous intéressent sont décomposés par l'acide fluorhydrique. La seule difficulté du procédé consiste dans la possibilité de se procurer de l'acide pur et dans la conservation du réactif. C'est une mauvaise chose que de garder l'acide fluorhydrique dans la gutta-percha; il est infiniment préférable de faire l'acquisition d'un flacon de platine ou, à son défaut, d'argent.

Le silicate pulvérisé est placé dans une capsule de platine et additionné d'un peu d'eau, de manière à en faire une bouillie. On ajoute alors de l'acide fluorhydrique pur, 10^{cm^3} pour 1^g de matière, et l'on abandonne au repos. L'attaque commence à froid et on la laisse se poursuivre pendant toute une nuit. On chauffe ensuite au bain-marie, puis on élève la température et l'on évapore jusqu'à siccité. On ajoute encore quelques centimètres cubes d'acide fluorhydrique et l'on évapore à nouveau. Le résidu sec est alors délayé dans l'eau et arrosé d'acide sulfurique (1) à 50 pour 100. Il est facile de déterminer à l'avance la quantité de réactif à ajouter puisque l'on connaît le poids d'acide fluorhydrique employé. On porte au bain-marie, puis ensuite on élève doucement la température jusqu'à ce qu'il commence à se dégager des fumées d'acide sulfurique. On laisse refroidir, on reprend par l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique et l'on suit la marche générale pour déterminer les bases. S'il reste un résidu insoluble, il est dû à une portion de la matière inattaquée; on doit lui faire subir un second traitement.

Berzélius avait indiqué de remplacer l'acide fluorhydrique par un mélange d'acide sulfurique et de fluorure de calcium; peut-

(1) Cette addition devra se faire au début de l'analyse, comme l'indiquent la plupart des auteurs, quand on redoute le départ de fluorures volatils.

être pourrait-on substituer à ce dernier corps le fluorure de baryum moins gênant pour la marche de l'analyse.

Attaque par le fluorure acide d'ammonium. — On peut trouver dans le commerce du fluorhydrate pur. Son emploi présente des avantages sur celui de l'acide fluorhydrique, car il décompose certains corps qui résistent à l'action de cette dernière substance.

On ajoute à 1 partie de la matière à analyser 7 à 10 parties de fluorure, puis suffisamment d'eau pour en faire une bouillie pâteuse. On laisse reposer, puis on chauffe au bain-marie et, lorsque la masse est sèche, on élève progressivement la température en évitant d'atteindre le rouge sombre (quoique certains traités indiquent le chauffage au rouge comme étant sans inconvénient); il est plus prudent d'opérer ainsi. On traite alors le résidu par l'acide sulfurique ([1]) et l'on continue comme précédemment, lorsque l'on fait l'attaque à l'acide fluorhydrique.

Attaque par l'oxyde de plomb. — Toutes les méthodes que nous venons d'examiner ont l'inconvénient de ne donner qu'une analyse partielle. Les unes ne permettent pas le dosage des alcalis ou des terres alcalines, les autres celui de la silice. On se trouve donc obligé de recourir toujours à deux attaques; le plus souvent on fait une attaque au carbonate de sodium et une attaque à l'acide fluorhydrique. On a cherché à prendre un réactif dont la présence ne troublerait en rien l'analyse. Berthier, il y a un demi-siècle, a indiqué l'oxyde de plomb et plusieurs chimistes après lui ont reproposé à diverses reprises le traitement à l'oxyde de plomb. La dernière publication sur ce sujet est due à M. Leclère ([2]); nous allons la reproduire :

« On précipite par une solution saturée d'acide oxalique une

([1]) Nous conseillons comme plus haut de ne pas ajouter l'acide sulfurique au fluorure. C'est une manœuvre qui n'est nécessaire que lorsque le silicate contient des corps dont les fluorures seraient volatils; dans la plupart des cas elle est mauvaise. On forme alors de grandes quantités de sulfate d'ammonium, dont il devient difficile de se débarrasser et qui gênent la marche de l'analyse.

([2]) LECLÈRE, *Comptes rendus*, t. CXXV, 1897, p. 893.

solution à 15 pour 100 d'azotate de plomb renfermant 3 pour 100 d'acide azotique libre. On sépare le précipité, on le sèche à l'étuve et on le calcine au rouge sombre. On en prélève le quart qu'on imbibe d'acide azotique et qu'on mélange à la matière pulvérulente. Par calcination, on prépare un minium en poudre fine très convenable. »

Le procédé à l'oxyde de plomb ne présente pas de très grands avantages. Il faut éliminer le plomb qui est gênant pour la marche ultérieure, et la silice ne se sépare peut-être pas mieux de l'oxyde de plomb que de l'alumine. En tout cas, il n'est pas facile d'obtenir de la silice exempte de traces de plomb. En outre, le plomb se rencontre dans un certain nombre de préparations céramiques.

Attaque par l'anhydride borique. — MM. Jannasch, Heidenreich et Weber (¹) ont publié à diverses reprises le résultat de leurs tentatives pour désagréger les silicates par l'anhydride borique. Leur méthode semble digne d'intérêt, mais jusqu'ici elle a été peu appliquée.

On ajoute à 0,5 de silicate porphyrisé 15 parties d'anhydride borique finement pulvérisé et l'on chauffe les deux substances intimement mélangées d'abord sur un brûleur à gaz ordinaire, puis sur un bec alimenté par un courant d'air. On continue l'action de la chaleur jusqu'à fusion tranquille. Si la masse reste visqueuse et trouble, on ajoute 2^g à 3^g d'anhydride borique de manière à obtenir une masse liquide absolument transparente, analogue à du verre fondu. Cette opération demande 10 à 15 minutes au plus. Pendant le refroidissement la masse doit garder sa transparence; si elle se trouble, cela est dû à un dépôt de silice.

On prend le creuset encore chaud et on l'introduit dans une capsule de porcelaine, contenant de l'eau froide et recouverte d'une plaque de verre. On verse une solution de chlorure de méthyle, préparée en saturant de gaz chlorhydrique de l'alcool méthylique sec et pur. On chauffe ensuite très doucement la capsule. En 10 à 15 minutes on a une dissolution claire, on réduit

---

(¹) *Berichte*, t. XXVIII, 1895, p. 2822 et t. XXXII, 1899, p. 1670.

alors à un petit volume et l'on dessèche au bain-marie, on recommence trois fois ce traitement et l'on rince le creuset avec le même réactif. Le résidu est dissous au bain-marie et ajouté à la solution précédente. On entraîne l'anhydride borique à l'état de borate de méthyle.

L'auteur a pu analyser les minéraux suivants : disthène, quartz et topaze ; la méthode peut donc, après études, être appliquée à l'analyse des composés céramiques.

C. — *Dosage de l'eau.*

Dans les silicates qui nous intéressent, l'eau ne se trouve guère à l'état d'eau combinée que dans les argiles. Cette eau ne se dégage qu'au voisinage de 600° ; il est donc facile de sécher les mélanges pour y doser l'eau hygrométrique à température assez élevée pour obtenir une dessiccation rapide. L'étuve, dite de Deville, formée par une capsule de porcelaine coiffée d'un entonnoir, se prête très bien à ce genre de détermination ; le dispositif permet de chauffer facilement entre 200° et 300°.

Sous le nom de *perte au rouge* dans l'analyse des silicates, on désigne l'eau qui ne se dégage qu'à haute température. Si la matière contient des substances organiques, ces substances sont détruites par la chaleur ; comme leur quantité n'est généralement pas considérable, la diminution de poids qui accompagne leur disparition est faible et, par suite, n'influe pas sur le résultat. Quand le silicate est accompagné de carbonate (c'est le cas de beaucoup d'argiles qui sont calcaires), la calcination donne $H^2O + CO^2$. Un dosage de ce dernier corps devient nécessaire.

La perte au rouge se détermine en chauffant un poids connu de matière sur un bec de gaz. On donne toute la flamme à la fin, et, si l'on veut aller plus vite, on chauffe un instant au chalumeau. L'opération est déterminée quand deux pesées consécutives ne présentent pas de variations.

§ 2. — Analyse et essai chimiques des argiles.

Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on rencontre de l'argile pure ; dans les gisements, on trouve presque toujours l'argile

mélangée à des débris de roches. En analysant une argile suivant les méthodes que nous venons d'indiquer, on trouvera bien les divers éléments contenus dans le mélange, mais on ne pourra se rendre compte de la nature des roches qui forment l'argile.

L'exemple ci-dessous, qui donne l'analyse globale d'une matière argileuse, ne nous permet de rien conclure.

SiO^2	47,93
Al^2O^3	36,57
Fe^2O^3	1,63
CaO	0,45
MgO	0,26
K^2O	0,86
Na^2O	0,33
Perte au rouge	12,49
	100,52

Pour ce genre de matières, on a recours à d'autres procédés. On traitera l'argile par l'acide sulfurique qui attaquera la matière plastique seule; la silice et les roches feldspathiques [1] resteront inaltérées. Certains silicates, tels que le mica, les produits de désagrégation de la roche qui constituent le cornishstone, sont solubles dans l'acide sulfurique quand ils sont très divisés. Il faut se rappeler ce fait auquel nous avons déjà fait allusion.

On commence par faire gonfler l'argile, pulvérisée, avec un peu d'eau tiède, puis on la chauffe d'abord au bain-marie avec de l'acide sulfurique étendu de son volume d'eau pendant plusieurs heures. Ensuite on élève progressivement la température jusqu'au voisinage de l'ébullition, et l'on maintient la température jusqu'à ce que le liquide répande d'abondantes fumées d'acide sulfurique. Quand l'évaporation est terminée, on refait un nouveau traitement. Il est nécessaire d'observer certaines précautions pendant le traitement à l'acide sulfurique. On prendra, pour 1^g de matière, 10^{cm^3} d'acide sulfurique étendu

(1) Le feldspath divisé est, en réalité, un peu soluble dans l'acide sulfurique; Seger indique que l'on peut en dissoudre une faible quantité.

de son poids d'eau, additionnés de 100$^{cm^3}$ d'eau. La chauffe sera faite au bain-marie pendant 12 heures, ce n'est qu'après ce temps qu'on procédera à l'évaporation de l'acide.

Le produit de l'attaque est repris par l'acide chlorhydrique et chauffé au bain-marie pendant 30 minutes. On ajoute ensuite de l'eau et l'on chauffe, dans les mêmes conditions, pendant 1 heure. Pour effectuer la dissolution, on opère par décantation, en jetant chaque fois les eaux sur un filtre; ce n'est qu'après trois lavages que l'on chasse la masse sur le filtre. Comme le résidu peut passer au travers du filtre, on doit avoir le soin d'effectuer tous les lavages avec de l'eau chargée d'acide chlorhydrique.

La liqueur est traitée comme d'habitude pour le dosage des bases. Le résidu filtré est chauffé au rouge dans un creuset de platine et pesé; il contient la silice provenant de la décomposition du silicate, la silice quartzeuse et les débris de roches, s'il y en a.

En faisant chauffer ce résidu avec une solution de carbonate de sodium à 7 pour 100 (1), on dissoudra la silice amorphe mise en liberté par l'action de l'acide sulfurique. Il faut réitérer plusieurs fois ce traitement, la dissolution de la silice est terminée quand la solution de carbonate ne se trouble plus par l'addition de chlorure d'ammonium. S'il y a de la silice en dissolution, elle se précipite dans ces conditions. La solution alcaline de silice est traitée par l'acide chlorhydrique, et l'on opère absolument comme s'il s'agissait d'un dosage de silice dans un silicate décomposable par les acides. On obtient ainsi le poids de la silice combinée. Un traitement à l'acide fluorhydrique ou au fluorure permettra de désagréger les silicates non attaqués, s'il y en a, et d'en doser les bases.

Dans la plupart des cas, le traitement à l'acide sulfurique ne suffit pas pour indiquer la composition complète de l'argile, aussi fait-on en même temps une attaque au carbonate de sodium et une attaque à l'acide fluorhydrique. On peut alors, con-

---

(1) SEGER traite directement par la soude qui dissout rapidement la silice amorphe. Ce processus est plus expéditif que celui au carbonate. Il faut avoir soin d'étendre avant filtration.

naissant la silice totale, déduire par différence la silice combinée dans les roches non altérées par l'acide sulfurique.

Comme, en même temps que l'argile, on attaque le mica très divisé, on doit, avant de déterminer par le calcul le rapport du mica et de l'argile, vérifier le rapport de la silice. Pour cela, on fait bouillir le silicate avec une solution de potasse de densité 1,08 qui dissout de l'argile et laisse presque intacts le quartz, le feldspath et les micas non magnésiens.

L'analyse d'une argile n'est pas si souvent nécessaire qu'on le croit. On peut, dans la majeure partie des cas, simplifier beaucoup le travail et se borner à quelques déterminations faciles à effectuer.

Si nous nous trouvons en présence d'un kaolin ou d'une bonne argile plastique, nous pouvons connaître sa valeur en matière plastique ou kaolinite par une simple calcination. Il suffit de sécher la matière et de déterminer la perte au rouge. Nous savons que la kaolinite contient 13,65 pour 100 d'eau; du nombre trouvé il est facile de déduire le rapport de la kaolinite à la masse totale.

En présence de marnes on peut désirer connaître la quantité de craie qui accompagne l'argile marneuse. Comme il ne s'agit pas de déterminations scientifiques, mais bien de déterminations pratiques, voilà le mode opératoire à employer; il est simple et d'une exactitude suffisante. Dans un vase à précipiter, recouvert d'un verre de montre et taré, contenant de l'eau et de l'acide chlorhydrique, on introduit un poids déterminé d'argile. Le gaz carbonique est mis en liberté. On porte à nouveau sur la balance quand le dégagement est terminé; la diminution de poids représente celui du gaz dégagé. Pour une détermination plus exacte on fera un dosage par la voie ordinaire.

Pour un examen superficiel des argiles, le chalumeau pourrait rendre quelques services. Malheureusement son usage est des plus restreints; on ne semble pas, en France du moins, avoir compris tout le parti qu'il est possible de tirer de la voie sèche, soit avec le chalumeau proprement dit, soit en employant le bec Bunsen.

§ 3. — Analyse des pates.

Quand on cherche à connaître la composition d'une pâte dont on possède un échantillon, deux cas peuvent se présenter : la pâte est crue ou la pâte est cuite.

Dans une pâte crue l'argile a gardé ses propriétés; on se trouve en présence d'un simple mélange. En l'absence de carbonate on peut déjà doser l'eau combinée. On applique ensuite le traitement à l'acide sulfurique qui donne la quantité de matière argileuse et complète les indications de la détermination de la perte au rouge. On fera ensuite l'analyse du résidu et l'analyse élémentaire du mélange.

Les matériaux qui entrent dans la constitution des pâtes ne sont pas si divers qu'on n'ait pas déjà de données sur leur nature. Ainsi, si l'on se trouve en présence d'une pâte à porcelaine, on sait que l'on doit y rencontrer du kaolin, du feldspath et du quartz. Sachant que le rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ est égal à 3,52 dans le feldspath, il est facile de déterminer la teneur en feldspath. Soit A la teneur en alumine de la partie insoluble; en la multipliant par 3,52 on aura le poids de silice correspondant. La somme de l'alumine A, de $A \times 3{,}52$ et des alcalis et terres alcalines de la partie insoluble dans l'acide sulfurique donnera le poids du feldspath. Ce poids de feldspath retranché du poids total de la partie insoluble donnera le poids de silice quartzeuse. La partie soluble dans l'acide sulfurique n'est pas uniquement formée de kaolinite; si elle renferme des alcalis cet apport est dû à la présence de micas. On transformera les alcalis en potasse, autrement dit, on calculera à combien de potasse correspond la soude trouvée; ce poids total de potasse multiplié par 10 donne le mica total. Le mica total retranché du poids de la partie soluble fournit le poids de la matière kaolinique.

Si par hasard la pâte était calcaire, on devrait doser à part le gaz carbonique, calciner fortement pour obtenir la perte au rouge et retrancher du nombre trouvé la teneur en anhydride carbonique, ce qui donnerait le poids d'eau combinée.

Il ne faudrait pas attribuer à l'analyse ainsi effectuée une

autorité absolue. La même méthode appliquée à une pâte de faïence fine, pâte qui contient du cornish-stone, ne serait pas couronnée d'un égal succès. La roche à laquelle nous faisons allusion est attaquée. Elle renferme en effet des matériaux kaoliniques et micacés. On ne pourrait déduire la composition aussi facilement; on n'obtiendrait que des renseignements difficiles à interpréter.

Dans le cas où l'on opère sur un tesson, le résultat de l'analyse indique la composition élémentaire de la masse. On ne peut plus appliquer l'analyse rationnelle et c'est à l'habileté de l'opérateur de reconstituer la pâte avec les matériaux qu'il jugera les plus convenables.

§ 4. — Analyse des glaçures.

L'analyse des glaçures présente également deux cas à distinguer. Comme tous les silicates, la glaçure est attaquable par les acides ou résiste à leur action. Les glaçures complètement attaquables par les acides sont les glaçures plombeuses; les silicates alcalins ou alcalino-terreux qui pourraient se trouver dans ces conditions d'altérabilité ne sont pas employés en céramique pour constituer des couvertes. Il y a avantage, par suite de la présence du plomb, à se servir d'acide azotique pour l'attaque. On opère absolument comme dans le cas des silicates solubles dans les acides. La seule précaution à prendre est de se débarrasser du plomb, après le dosage de la silice, par l'acide sulfhydrique. Il est facile de doser le plomb sous forme de sulfure, sans transformation, en employant le mode opératoire indiqué par Rose.

Si la matière résiste à l'action des acides, on emploie les procédés ordinaires : attaque au carbonate de sodium et attaque au fluorure ou à l'acide fluorhydrique. Il faut tenir compte, par exemple, de la présence du plomb dans la plupart de ces préparations. L'attaque au carbonate, faite dans de mauvaises conditions, c'est-à-dire avec réduction, amène la perte du creuset de platine dans lequel on opère. Il faut alors faire l'attaque avec du carbonate additionné d'azotate.

L'attaque à l'acide fluorhydrique ou au fluorure donne directement du sulfate de plomb dans les composés qui renferment ce métal. On dose les alcalis dans la liqueur restante, comme nous l'avons indiqué précédemment.

On trouve encore dans certaines glaçures, telles que celles que l'on applique sur la faïence fine, de l'acide borique, corps dont le dosage est délicat. La méthode de Gooch, même modifiée, est d'une application possible dans un laboratoire; dans les essais industriels elle est d'un maniement difficile. Nous allons donner un exemple de la marche à suivre dans une analyse d'un composé de ce genre, contenant par exemple de la silice, de l'anhydride borique, de l'alumine, de l'oxyde de plomb et des alcalis.

Une attaque au carbonate donnera, après traitement du résidu par l'acide azotique, la silice insoluble, puis des azotates des bases ci-dessus et de l'acide borique. Par le sulfure d'ammonium on précipitera le plomb et l'alumine, le bore, le potassium et le sodium seront en solution. Le bore a pu subir une évaporation partielle à l'état d'anhydride borique, il n'y a pas lieu de le doser ici.

Pour obtenir les alcalis on aura recours à une attaque à l'acide fluorhydrique.

Le dosage du bore ne peut être fait que dans une attaque spéciale au carbonate. Dans cette attaque le bore sera amené à l'état de borate alcalin. On reprendra par l'eau et l'on filtrera. La liqueur filtrée, débarrassée du plomb, qui renferme de la silice, ne devra pas être traitée par un acide; on insolubilisera la silice en présence de carbonate d'ammonium. La solution contiendra l'acide borique et les alcalis. On dosera l'acide borique par le procédé de Marignac.

§ 5. — Analyse des couleurs, des colorants et émaux.

Les colorants sont souvent à l'état d'oxydes calcinés difficiles à amener en solution par les traitements ordinaires. La fusion au sulfate acide de potassium permet de les amener sous une forme soluble, commode pour l'analyse. Supposons un colorant

bleu à base de cobalt renfermant oxyde de cobalt, alumine et oxyde de zinc. Il peut se rencontrer des alcalis dans les colorants de ce genre; ils ne sont pas essentiels pour la constitution de ce bleu.

On fondra au bisulfate et l'on reprendra par l'eau qui donnera une solution des trois sulfates. On appliquera alors les méthodes habituelles de l'analyse.

Dans une couleur le problème est compliqué par la présence du fondant. On se trouve en face d'un colorant et d'une matière analogue, par ses éléments, à une couverte.

S'il s'agit d'un émail, le problème est d'une complication analogue. Les éléments à doser sont : silice, anhydride borique fréquemment, alumine, alcalis et oxyde de plomb. A ces matières, les plus couramment rencontrées, il faut ajouter le colorant proprement dit. La marche de l'analyse se tire des exemples précédents, elle est réglée par la nature des corps présents.

L'oxyde d'étain et l'anhydride arsénieux peuvent se présenter dans les émaux blancs. Le bioxyde d'étain, après attaque au carbonate de sodium, se retrouvera avec la silice mise en liberté par traitement à l'acide azotique. On peut utiliser aussi la fusion avec un sulfure alcalin ou l'hyposulfite de sodium desséché. L'arsenic se retrouve à l'état de sel alcalin. Dans le cas très rare où l'on trouverait de l'or ou de l'argent, la coupellation est indiquée après traitement par un flux réducteur.

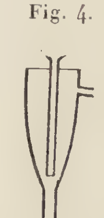
II. — ESSAIS PRATIQUES.

§ 1. — Essai des argiles.

Les essais à faire subir aux argiles peuvent porter sur leurs propriétés physiques et sur leurs propriétés chimiques. L'argile étant rangée parmi les silicates, son analyse chimique a été traitée spécialement dans le Chapitre consacré à l'analyse des matières premières; nous limiterons la question aux essais pratiques.

Analyse mécanique. — Lorsqu'on veut étudier une argile, il est intéressant de déterminer ce qu'elle contient réellement de matière plastique. On y arrive par lévigation. L'appareil classique proposé pour cette opération est l'appareil de Schulze. Il se compose d'une série de verres coniques (*fig.* 4), comme des verres à champagne, traversés de bas en haut par un courant d'eau (*voir* la figure ci-contre). Chaque verre porte un couvercle métallique qui laisse passer par un orifice central un tube à entonnoir par lequel arrive l'eau. Un orifice latéral permet l'écoulement dans un second verre plus grand que le premier; du second verre le liquide passe dans un troisième et de là dans un récipient. Le courant d'eau qu'on laisse couler est constant (il provient d'un flacon de Mariotte), il arrive assez rapide dans l'entonnoir, puis sa vitesse diminue considérablement une fois qu'il en est sorti, car le verre a une section notablement plus forte que le tube de l'entonnoir. Arrivée dans le second verre, l'eau a une vitesse encore moindre, car elle s'élève dans un vase plus grand et plus large; il en est de même dans le troisième verre. Introduisons maintenant par l'entonnoir dans le premier verre un poids connu de l'argile à examiner, délayée dans l'eau, et faisons couler l'eau. L'argile fine va rester en suspension dans l'eau et traverser l'appareil, tandis que les parties grossières se déposeront dans les verres d'autant plus rapidement que leurs dimensions seront plus grandes. On pèsera ensuite les résidus desséchés.

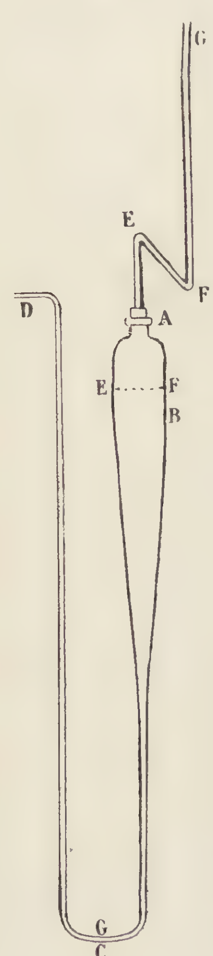
Fig. 4.



Schöne a employé un dispositif plus commode à manœuvrer. L'appareil de lavage se compose d'un tube en U à branches inégales. Une des branches est formée d'un tube droit de diamètre constant. Après avoir dessiné la courbure inférieure, le tube s'élargit lentement et, quand il arrive à la même hauteur que le tube formant la première branche, son diamètre, qui atteint alors 5^{cm}, ne varie plus; sur une longueur de 10^{cm} il reste cylindrique puis se rétrécit pour former un orifice fermé par un bouchon; le bouchon est percé et porte un tube dont les deux courbures forment un N irrégulier; en F se trouve une ouverture de $1^{mm},5$ et, de F en G, le tube porte une divi-

sion. Supposons maintenant que par D arrive un courant d'eau à vitesse constante; on verse alors l'argile délayée dans le tube, par A, et l'on coiffe l'appareil du tube A, E, F, G. L'eau agite l'argile, met ses grains en suspension et entraîne dans son mouvement d'ascension les grains les plus fins. Comme dans l'appareil précédent, la vitesse va en décroissant dès que l'eau est en contact avec l'argile; de C en B, dans la partie cylindrique, le courant a une vitesse uniforme. Les parties fines entraînées montent dans le tube supérieur et sortent par F; l'ouverture est étroite et du liquide montant en FG fait pression et sert de manomètre. Les fragments un peu gros ne sont entraînés qu'avec de grandes vitesses d'eau; on pourra donc séparer les grains de diverses grosseurs en changeant de vase à chaque changement de vitesse.

Fig. 5.



Pour faire un lavage d'argile, on prend 100^g environ de substance séchée à l'air, tamisée dans un tamis à mailles de 2^{mm}. On délaie l'argile dans l'eau distillée, après avoir ajouté 1^{cm^3} de solution de soude pour obtenir une division plus rapide des particules d'argile et l'on chauffe le tout en agitant avec une baguette de verre. On laisse refroidir et reposer. On décante après repos et l'on soumet seule au lavage la partie déposée. Pour cela on fait arriver lentement un courant d'eau dans le tube et, quand le niveau arrive vers B, on fait tomber la matière au moyen d'un jet d'eau, puis on assujettit le manomètre et l'on dispose un récipient sous F. Pour une vitesse déterminée du courant d'eau on peut admettre que l'on entraîne des grains de même grosseur et de même poids spécifique. On peut donc, en employant des pressions différentes, faire des sectionnements de la matière et, par pesée des diffé-

rents dépôts, conclure à la composition de l'échantillon au point de vue physique.

Ce dispositif, tel que le décrit Bischof ([1]), a été modifié et dans les instructions, recommandées par le laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung* ([2]), on adopte un processus et un dispositif différents.

Au lieu d'un tube laveur on en emploie deux, un petit et un grand. La partie cylindrique du grand laveur a 10^{cm} de longueur et 5^{cm} de diamètre, depuis la base du cylindre jusqu'à la courbure; le tube conique a 50^{cm} de longueur. Son diamètre le plus faible est de 5^{mm} et ce diamètre est conservé dans la partie CD. Un tube analogue de dimensions plus restreintes est placé avant lui; il reçoit le dépôt fourni dans le lavage de la terre, tandis que la partie liquide est versée dans le grand tube. Pour alimenter régulièrement d'eau le système laveur on indique de prendre le liquide dans un réservoir de 30^{l} supporté par un bâti.

On peut faire l'analyse mécanique d'une argile beaucoup plus simplement. On la laisse gonfler dans l'eau comme s'il s'agissait d'opérer avec les appareils précédents, mais on fait la manœuvre dans une capsule. On porte au bain-marie, en ayant soin de bien écraser les grains, et l'on fait une série de lavages par décantation. Quand l'eau est claire, on sèche le résidu et on le pèse. Ce mode opératoire a été préconisé par M. Schlœsing ([3]).

L'analyse par lévigation est une analyse purement mécanique, elle donne la grosseur de l'argile mais non sa richesse en argile. La méthode permet une séparation mécanique des parties fines, moyennes et grosses, mais le sable fin reste avec l'argile fine et l'argile grossière est entraînée avec les particules grossières.

On compte généralement comme argile les grains qui n'ont pas plus de $0^{m},01$. Voici, comme exemples, des résultats obtenus par Seger avec quatre argiles : I. Argile de Senftenberg

---

([1]) *Die feuerfesten Thone*, 2e édit., 1895, p. 76.

([2]) *Tonindustrie Zeitung*, n° 92, 1899. — Granger, *Bull. Soc. Enc.*, t. II, 1903, p. 725.

([3]) *Comptes rendus*, t. LXXVIII, 1874, p. 1277.

grasse; II. Argile de Seftenberg maigre; III. Argile de Grenzhausen; IV. Argile de Berlin.

	I.	II.	III.	IV.
Gros sable (au-dessus de $0^{mm},333$)..	0,58	0,34	0,18	21,20
Sable fin (de $0^{mm},333$ à $0^{mm},040$)..	3,00	28,46	10,64	11,58
Sable en poussière (de $0^{mm},040$ à $0^{mm},025$).....................	3,52	13,84	9,08	1,84
Limon (de $0^{mm},025$ à $0^{mm},010$)....	11,16	20,24	10,88	2,14
Argile (au-dessous de $0^{mm},010$)...	82,18	37,10	68,32	62,00
	100,44	99,98	99,10	98,76

M. Schlœsing [1] a proposé plus récemment un appareil dont on doit pouvoir tirer parti dans l'analyse mécanique des argiles. Pour obtenir un classement aussi exact, et peut-être plus exact, que celui donné par la lévigation, on laisse au repos dans un vase cylindrique l'eau chargée de terre délayée, en prenant des dispositions pour recueillir, à mesure de leur formation, les dépôts successifs précipités durant le temps convenu de 24 heures.

Il se sert d'un appareil dont la pièce essentielle est une allonge A, cylindrique sur une longueur de 33^{cm}, terminée par un bout de tube qui n'a plus que $0^{cm},3$ de diamètre intérieur sur $1^{cm},5$ de long. Ce tube est assez étroit pour que l'allonge remplie d'eau, le goulot bouché, retienne son liquide. Si l'on verse en *n* de l'eau une quantité égale s'échappera de *d*. Quand on remplit l'allonge d'eau chargée d'éléments terreux, ceux-ci tombent tour à tour sur la paroi de l'entonnoir et roulent de là vers le tube *d*; ils ne s'en échappent pas spontanément; mais l'opérateur peut les chasser dehors, à mesure qu'ils arrivent, et en faire autant de lots successifs qu'il voudra, de la manière la plus simple, en ajoutant de l'eau en *n*, goutte à goutte, dans la mesure nécessaire pour que *d* ne s'obstrue pas.

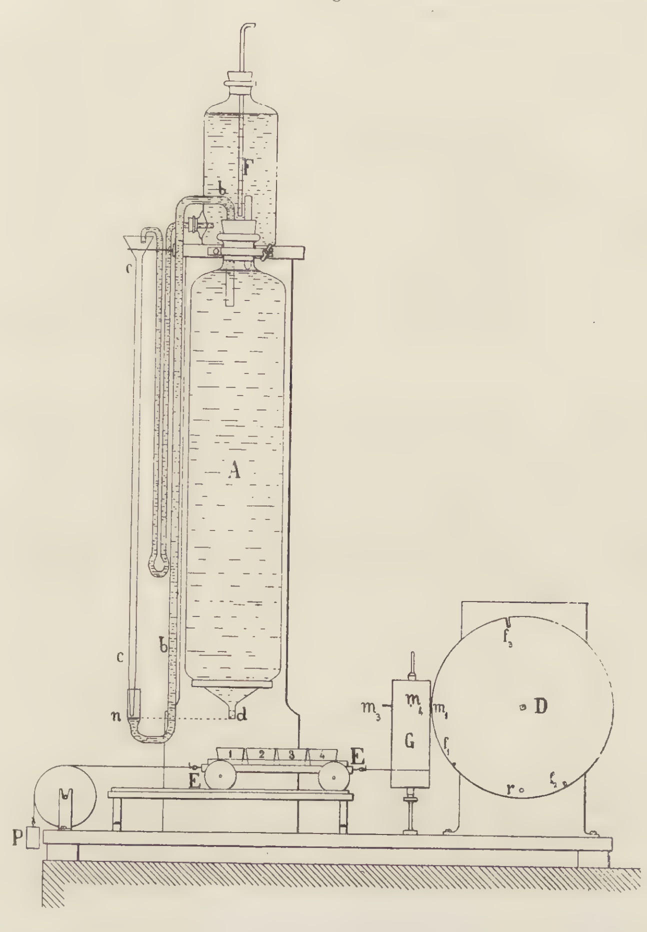
L'échantillon, de 10^{g} à 12^{g}, lavé complètement avec l'acide nitrique faible, est mis à digérer avec de l'eau distillée légèrement ammoniacale, enfin débarrassé du sable grossier par des lavages suivis de décantations. On verse les eaux décantées avec

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 1608 et *Rép. chim. pure et appliquée*, 1903, p. 478.

tout ce qu'elles contiennent dans l'allonge dont *d* a été bouché. On achève de remplir la partie cylindrique avec de l'eau pure, en laissant libre l'espace compris au-dessus, et, après avoir

Fig. 6.



adapté un bouchon plein, on agite fortement. On remplace le bouchon plein par un autre à deux trous portant le tube *bb* d'avance rempli d'eau jusqu'en *n* et bouché. On place l'allonge sur son support, on obture le deuxième trou de son bouchon, on débouche *bb*, puis, plaçant une capsule tarée sous *d*, on dé-

bouche ce tube et l'analyse commence. L'auteur a adopté pour les temps une série commençant par 5 minutes et dont les termes croissent comme les puissances de 2. L'opération dure 21 heures, il faut donc qu'elle puisse s'exécuter sans être surveillée. Un flacon de Mariotte à débit lent pourvoit à la sortie des sables et un mécanisme auxiliaire vient amener les capsules **1**, **2**, **3**, **4** sous *d*.

Nous nous bornons à donner le principe de cet appareil ingénieux renvoyant pour le détail de sa manœuvre et sa théorie au Mémoire original [1].

Plasticité. — De deux argiles, celie qui peut recevoir la plus grande quantité d'un corps inerte, tout en conservant ses propriétés plastiques, est la plus plastique.

1° *Essai par amaigrissement.* — La détermination peut se faire en ajoutant à une argile 1, 2, 3, etc. fois son volume de sable quartzeux fin. Ces mélanges sont façonnés en cylindres que l'on numérote en indiquant combien ils contiennent de volumes de matière non plastique. Une fois secs, les cylindres sont frottés avec le bout des doigts; les uns s'émiettent, les autres supportent le frottement sans accident. Parmi les mélanges qui se brisent par le frottement on prend comme type celui qui fournit une réduction en poussière facile. Il est bien entendu que ces mélanges doivent être faits avec le plus grand soin.

L'argile est d'abord passée dans un tamis contenant 225 mailles au centimètre carré; le sable quartzeux doit avoir la même finesse. Pour chaque essai on prend 1^{cm^3} d'argile et on la mélange à 1, 2, 3, etc. fois son volume de sable. On doit prendre l'argile et le sable desséché à 100°. Une fois le mélange terminé on le délaie dans l'eau et l'on en forme une bouillie épaisse que l'on façonne en petits cylindres. Ces cylindres, une fois numérotés, sont desséchés entre 100° et 120°.

Le Dr Bischof [2], auquel nous empruntons ce procédé, a modifié sa manière de faire primitive et a imaginé un dispositif

---

(1) *Comptes rendus*, 1903, t. CXXXVI, p. 1269, et t. CXXXVII, p. 369.

(2) Bischof, *Die feuerfesten Thone*, 2e édit., p. 85 et suiv.

pour opérer mécaniquement la pulvérisation des cylindres d'essais. Au lieu d'égrener l'argile à la main, il fait frotter un pinceau sur le cylindre animé d'un mouvement de rotation.

En opérant comme nous venons d'indiquer, on obtient des nombres qui permettent de comparer les plasticités des diverses argiles : 6 pour le kaolin de Zettlitz, 14 pour une argile plastique belge, etc.

Il peut se présenter une difficulté pour la détermination juste du mélange : ainsi avec l'argile belge on a observé que les nos 10, 11 et 12 ne montraient aucune trace d'attaque de la part du pinceau. Avec le n° 13 on observe un commencement d'attaque, qui se continue avec le n° 14 et devient très nette sur le n° 15. Il est facile de sortir d'incertitude en examinant la surface attaquée. Avec une faible usure la surface paraît convexe, concave avec une friction forte; au contraire, avec une attaque régulière, la surface frottée semble plane.

2° *Essais indirects.* — On a remarqué que les argiles plastiques sont plus riches en eau hygrométrique que les argiles maigres. On peut, jusqu'à un certain point, tirer parti de cette observation pour comparer et déterminer la plasticité des argiles.

Il ne faut pas baser les résultats sur la perte d'eau que subit l'argile quand on la sèche, mais bien sur la quantité d'eau qu'absorbe l'argile dans une atmosphère humide. On placera la matière à essayer, pesée et séchée à 110°, sous une cloche recouvrant une capsule pleine d'eau et l'on déterminera, par des pesées successives, ce que la substance peut absorber.

Voici des chiffres obtenus par le procédé précédent et par celui que nous venons de décrire ; nous allons les comparer :

Argile d'Altwasser	1 à 2
Kaolin de Zettlitz	3
Argile de Grünstadt	8
Argile de Niederpleis	8 à 9
Argile de Oberkaufungen	9
Argile de Mühlheim	9 à 10
Argile belge	10 à 11

Rangeons-les maintenant en suivant l'ordre d'hydratation croissante :

Argile d'Altwasser	3,26	pour 100
Argile de Niederpleis	6,55	»
Argile de Oberkaufungen	6,88	»
Argile de Grünstadt	7,43	»
Kaolin de Zettlitz	8,90	»
Argile de Mühlheim	10,46	»
Argile belge	10,73	»

On peut constater qu'il existe une certaine discordance dans les résultats des deux méthodes. Si certaines terres gardent le même ordre dans les deux séries d'essais, cela doit provenir de la similitude de leur état physique; au contraire, le manque d'accord se manifeste avec d'autres argiles et on peut l'expliquer en admettant que la structure interne de ces matières est différente. Ainsi le kaolin absorbe un peu plus d'eau que l'argile de Grünstadt, cette dernière est pourtant placée après lui dans les premiers essais. Les déductions faites de l'eau d'hydratation ne peuvent être prises en considération que lorsqu'il s'agit de terres analogues, puisque, pour des argiles non kaoliniques comme celles de Grünstadt, Niederpleis, Oberkaufungen, on trouve des résultats différents avec chaque méthode d'essai.

On peut opérer autrement et faire une pâte avec l'argile. On moule alors l'argile dans une forme appropriée (on choisit comme moule celui de Michaelis pour les essais de ciment) et l'on fait une pièce d'essai que l'on pèse. La contenance d'un semblable moule est de 70^{cm^3}; on trouve, pour une argile très plastique, de 120^g à 125^g; pour une terre plastique, 125^g à 130^g; puis on voit s'élever le poids à mesure que la plasticité diminue. Au-dessus de 140^g, la matière peut être considérée comme très maigre.

Au laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung*, à Berlin, où l'on fait des déterminations de plasticité, on suit un mode opératoire basé sur des considérations différentes [1].

Comme on ne possède aucune méthode exacte pour détermi-

---

(1) *Tonindustrie Zeitung*, 1901, n° 52, p. 827.

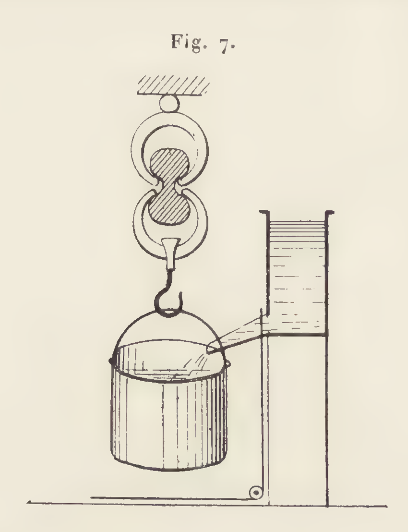
ner la plasticité de l'argile, on tourne la question et l'on mesure la résistance de l'argile, mêlée à des quantités différentes de dégraissants. Le ciment est à recommander comme amaigrissant. On commence par prendre les deux matières dans un rapport tel que les cavités entre les grains de ciment soient remplies par l'argile. Pour cela, on prend le poids de 1^l de ciment tassé. Du poids de 1^l de ciment et du poids de ciment contenu dans 1^l on peut facilement déduire la valeur du volume compris entre les grains de ciment. Opérons, par exemple, avec un vase de capacité connue, soit 8^l, renfermant $14^{kg},53$ de ciment; supposons, d'autre part, que le poids de 1^l de ciment soit $2^{kg},54$. En divisant 14,53 par 2,54, nous aurons le volume occupé par le ciment, soit $5^l,72$. Retranchons ce nombre du volume total, $8 - 5,72 = 2^l,28$ représente le volume occupé par les cavités laissées entre les grains. Ce sont ces $2^l,28$ qu'il faudra remplir d'argile. Il est facile de calculer de suite le poids d'argile correspondant quand on connaît le poids spécifique. Dans le cas présent, le poids spécifique étant 2,40, il faudra prendre $5^{kg},47$ d'argile. Le mélange devra donc être effectué dans le rapport de 14,5 à 5,5.

On humecte l'argile de manière à en faire une bouillie épaisse et l'on verse dans cette bouillie le ciment en quantité convenable. Si le mélange manque de fermeté, on le laisse sécher un peu dans une pièce chaude jusqu'à ce que l'on puisse le malaxer. La pâte ainsi formée est alors introduite dans un moule en 8, semblable à ceux qui servent pour façonner les essais de ciment. On a soin d'huiler le moule pour éviter les adhérences, de presser régulièrement la masse pour ne pas créer des irrégularités internes et de lisser au couteau les surfaces restées libres.

Pratiquement, on fait des balles de 2^{cm} de largeur, 3^{cm} de hauteur et $7^{cm},5$ de longueur. On place ces morceaux de pâte dans le moule et on les étale bien régulièrement avec le bout des doigts. Il peut se produire, pendant la dessiccation, des déchirures; cet accident diminue l'exactitude des nombres trouvés en étudiant les argiles qui ont une tendance à se fendre à la dessiccation.

Une fois séchés, les essais sont suspendus dans une pince, comme le représente la figure. A leur partie inférieure on attache, au moyen d'une autre pince, un seau de métal. Pour déterminer la rupture, on laisse écouler des grains de plomb dans le seau. Au moment où la traction détermine la rupture,

Fig. 7.



le seau tombe et vient buter sur une pédale qui ferme l'orifice du vase qui laisse écouler le plomb. Il n'y a plus qu'à peser le seau et son contenu pour connaître l'effort exercé. Comme la surface de rupture mesure 5^{cm^2}, il suffit de diviser le poids trouvé par 5 pour connaître l'effort par centimètre carré. On peut naturellement répéter les essais avec des mélanges d'argile et de ciment dans d'autres rapports.

3° *Essai direct.* — Il est évident que ce qui serait le plus pratique, pour se rendre compte de la plasticité d'une argile, consisterait dans une mesure de sa plasticité. Directement, l'opération est impossible, mais l'on peut pourtant faire des déterminations approximatives.

Ainsi l'on mesurera les longueurs sous lesquelles des colombins de même diamètre, faits avec les argiles à essayer, se rompent. Si l'on cherche à allonger un cylindre d'argile en tirant sur ses extrémités sans le déchirer, on peut produire une certaine

augmentation de longueur. Les matières les plus plastiques sont naturellement celles qui supportent le mieux la traction.

Retrait. — Le retrait est la diminution de volume que subissent les argiles sous l'action de la chaleur. Le retrait accompagne la dessiccation, la déshydratation et le chauffage de la matière débarrassée de son eau de combinaison.

Le retrait peut être mesuré simplement. En façonnant un disque dont on mesure le diamètre avant et après cuisson, il est facile de déterminer la contraction. On arrive au même résultat avec une baguette sur laquelle on a tracé deux traits distants d'une longueur connue; il suffit, après cuisson, de mesurer à nouveau l'intervalle qui sépare les deux traits.

Fusibilité. — Il est très important de connaître le degré réfractaire d'une argile, autrement dit de savoir quelle température elle peut supporter sans déformation ni fusion.

1° *Essai pyrométrique direct.* — L'argile peut être essayée dans le four même où s'effectue la cuisson. On façonne une baguette avec cette argile que l'on pourra poser sur deux supports réfractaires. La baguette fléchira si elle subit le moindre ramollissement.

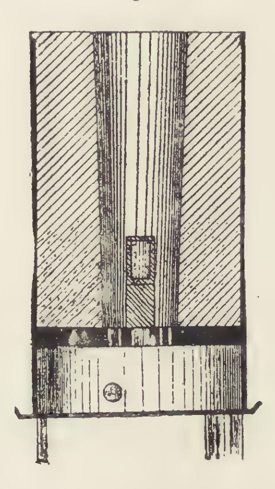
Pour faire un essai rationnel, le mieux est de chauffer l'argile à une température déterminée; on observe après la chauffe comment l'argile s'est comportée.

Voici, parmi les divers processus à suivre, la manière d'opérer du laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung* :

L'argile est prise sous forme de petites pyramides qui mesurent 1^{cm^2} de base et 2^{cm} de haut. Si la terre est souillée de matières organiques, on commence d'abord par chauffer les essais au rouge faible jusqu'à combustion complète du charbon. L'argile, façonnée comme nous venons de le dire, est chauffée dans un creuset très réfractaire placé dans un four genre Deville. Le creuset est fait avec un ciment d'un mélange à parties égales de kaolin de Zettlitz et d'alumine auquel on ajoute la quantité de kaolin, du même gisement, nécessaire pour pouvoir façonner.

Le four de Deville [1], comme on le sait, est cylindrique, mais la partie où brûle le combustible est légèrement conique; ses parois sont en magnésie dans la partie la plus fortement chauffée et, dans la partie supérieure, en un mélange de 90 parties de magnésie calcinée et 10 parties de kaolin de Zettlitz. Les

Fig. 8.



creusets employés pour ces essais résistent à la fusion de la montre 36 de Seger.

Pour faire une détermination, on place une montre fusible à côté des échantillons dans le creuset et l'on allume du charbon de bois (200^{g}) avec 30^{g} de papier tassé et froissé. On donne le vent (avec 25 coups de pédale à la minute si l'on n'a pas l'air comprimé), puis on ajoute 900^{g} de charbon de cornue et l'on double le vent. Le combustible est employé à la grosseur de noisettes. Avec les quantités indiquées, on arrive à la fusion de la montre 26. Pour obtenir des températures plus élevées, on procède avec des additions successives de 25^{g} de combustible. Le four employé à ces essais a 35^{cm} de hauteur, 9^{cm} de diamètre à sa partie inférieure et 11^{cm} à sa partie supérieure. L'épaisseur

(1) Il est décrit aux *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLVI, 1856, p. 190, et diffère un peu de celui que nous décrivons. Sa largeur est de 18^{cm}.

des parois va en diminuant de la base à l'ouverture de charge, elle est forte de 6^{cm} dans la partie basse jusqu'à environ 12^{cm} du fond.

Ces essais peuvent être entrepris avec d'autres dispositifs tels que des moufles d'essais, des fours à gaz. Le meilleur indicateur à employer pour étudier la manière dont une argile se comporte au feu est une montre fusible de Seger [1]. La fusion de la montre indique la température minima à laquelle le système a été porté. La montre prend peu de place et se met à côté de l'échantillon auquel, pour plus de régularité dans les mesures, on donne la même forme.

2° *Essais pyrométriques indirects.*—Les méthodes empiriques que l'on a proposées pour étudier pyrométriquement les argiles ne sont pas entrées dans le domaine de la pratique ; nous en dirons pourtant quelques mots :

Faisons varier l'acidité d'une argile par addition de silice ; nous changerons sa fusibilité. On semble être arrivé à déterminer que le maximum de fusibilité correspondrait à $Al^2O^3.9SiO^2$. On voit donc que, d'après la quantité de silice ajoutée pour obtenir une fusibilité relative, comparable à celle de $Al^2O^3.9SiO^2$, on peut se faire une idée du degré réfractaire de l'argile. Le Dr Bischof a étudié particulièrement ces questions. Leur intérêt est trop du domaine scientifique pour que nous les reproduisions ici ; nous renvoyons le lecteur à son Ouvrage déjà cité.

Le même auteur avait cherché à tirer parti de la composition de l'argile pour déterminer la fusibilité. Appelons a la valeur de l'alumine en molécule, b celle qui correspond à la silice, et c les alcalis ; nous poserons

$$\frac{a}{c} = A, \qquad \frac{b}{a} = B$$

et $\frac{A}{B}$ sera le quotient réfractaire. Cette formule de calcul revient en somme à $\frac{a^2}{bc}$. Seger a proposé de la modifier et de

(1) Voir *Pyrométrie.*

lui donner la valeur

$$\frac{a^2}{bc} + \frac{a}{c}.$$

Jusqu'ici on n'a fait dans la pratique aucun emploi de ces formules, du moins en France, soit sous les deux formes citées plus haut, soit sous la dernière forme proposée par Bischof, $\frac{3a^2}{bc}$.

§ 2. — Essai pyrométrique des matériaux des pates.

Certaines substances ajoutées comme fondants, tels les feldspaths, se comportent parfois d'une manière désavantageuse dans les pâtes ou les couvertes. Elles peuvent amener des colorations désagréables. D'autres matières moins définies présentent parfois des fusibilités inégales. Le passage au four donnera des renseignements, faciles à obtenir, qui seront très utiles pour déterminer leur emploi ou leur rejet de la fabrication.

CHAPITRE IV.

PRÉPARATION DES MATIÈRES PREMIÈRES.

Les matériaux dont nous venons de parler ne s'emploient qu'à un état de division convenable.

Les argiles doivent être débarrassées le plus possible des corps étrangers qui parfois les accompagnent; les composés accessoires amoindrissent les qualités plastiques et agissent souvent chimiquement. On doit pouvoir les délayer dans l'eau et les amener à faire une pâte homogène. Cette dernière condition ne sera remplie que si le grain de la matière plastique n'atteint pas de trop grandes dimensions.

Les autres matériaux des pâtes ne se mélangent aux argiles que s'ils sont convenablement divisés. Il faut pour que la plasticité de la masse soit régulière que les particules aient des dimensions très faibles, comparables à celles des particules argileuses. Il y aura donc, avant de composer les pâtes, à réduire toutes les substances qui les constituent à un état de division suffisant et, quelquefois, à les purifier.

I. — PRÉPARATION DES ARGILES.

L'argile ne se présente pas toujours sous une forme qui permette son introduction immédiate dans la pâte. La manière dont on prépare l'argile varie avec les différentes fabrications. Dans certains cas on peut se servir de la terre, pour ainsi dire, telle qu'on la trouve; c'est ce qui se passe dans la fabrication de la brique de campagne. Le traitement à faire subir à la matière ar-

gileuse peut être parfois assez compliqué, comme lorsqu'il s'agit de rendre les terres assez pures pour servir à la préparation des pâtes à faïence ou à porcelaine. Les corps étrangers, que l'on se contente souvent d'écraser quand il s'agit de terres cuites, doivent être éliminés aussi complètement que possible, car leur présence occasionnerait des accidents fâcheux.

Il y a dans le traitement à faire subir à l'argile deux points à considérer : la préparation physique et la préparation chimique. Pour mettre l'argile en état d'entrer dans les pâtes, de former une masse plastique avec l'eau et de se laisser façonner, il sera nécessaire de diviser la terre en petits fragments se laissant facilement humecter et de donner à la masse une homogénéité physique aussi développée que possible. D'autre part, les matériaux accessoires que l'on rencontre dans les argiles sont souvent nuisibles à la qualité des produits. Les pyrites de fer, par exemple, amènent quelquefois la perte des pièces façonnées avec des terres trop impures. Un traitement chimique direct ne doit pas être employé, mais par lavage et décantation on réalisera la séparation plus ou moins complète de l'argile plastique et de ces impuretés.

Nous allons examiner les différents modes de traitement des argiles, nous réservant de revenir sur ce sujet, si cela est nécessaire, dans l'étude des diverses fabrications.

§ 1. — Exposition a l'air.

Au sortir de la carrière les argiles contiennent de l'eau d'interposition, qui, lors du desséchement de la masse, détermine le fendillement et la rupture des mottes. L'évaporation, se produisant d'abord à la surface, détermine un retrait superficiel et, comme le reste de la matière n'y participe pas, il y a séparation de la partie externe qui se détache du massif central. L'action déshydratante se poursuivant, une nouvelle couche se dessèche et se brise à son tour, de telle sorte qu'au bout d'un temps suffisamment long tout le bloc argileux se désagrège de proche en proche et se brise en menus fragments. Avec une évaporation extrêmement lente les fissures se produisent plus

difficilement et l'on comprend que la désagrégation est d'autant plus rapide et plus complète que la dessiccation a été menée plus rapidement.

Quand le climat du pays le permet, cette division de l'argile se fait toute seule. La dessiccation devient un agent mécanique qui aide à l'émiettement de la masse. Si l'on a des pluies à redouter il n'y a qu'à disposer la terre sous des hangars où l'air circule librement.

L'exposition à l'air peut servir aussi à la purification chimique des argiles. Les argiles sont fréquemment accompagnées de pyrites; il y a avantage à se débarrasser le plus possible de ces minéraux. Souvent disséminés en petits cristaux dans la masse il est difficile de les éliminer complètement. On peut utiliser l'action combinée de la gelée et de l'humidité pour amener l'oxydation de ces composés ferrugineux. Sur l'argile, mise en tas ne dépassant pas un mètre, on laisse agir le froid. L'eau d'interposition se dilate, en se gelant, et la dilatation résultant du changement d'état fait éclater les blocs. Si l'argile est un peu sèche, il est bon de l'arroser pour l'imbiber d'eau avant la venue de l'hiver; on augmente ainsi l'effet destructif de la gelée.

Cette désagrégation est avantageuse pour les argiles, surtout les argiles plastiques, qu'elle améliore et rend plus faciles à travailler.

Les Anglais ([1]) emploient pour fabriquer leur faïence des argiles qu'ils ont laissé hiverner; en outre de l'action mécanique exercée par la gelée ils mettent à profit l'oxydation produite par l'air humide pour éliminer les composés pyriteux. Le sulfure de fer s'oxyde, se transforme en sulfate que les eaux de pluie dissolvent et entraînent, en même temps qne l'argile s'imprègne d'eau. Cette épuration chimique se fait toute seule et se trouve suivie d'une préparation mécanique, puisque la gelée trouve la matière toute humide et la divise.

([1]) LAMBERT, *Description de la fabrication actuelle des faïences fines et autres poteries en Angleterre*. Bruxelles, 1865.

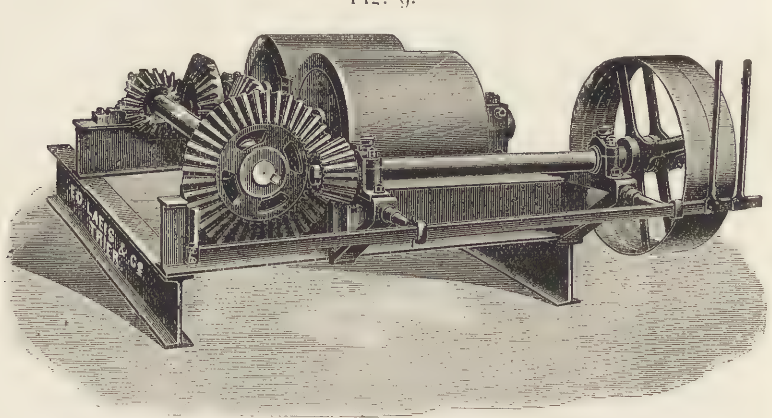
§ 2. — Division des argiles.

Pour le travail préliminaire des argiles il est nécessaire de ne pas opérer sur de gros blocs. Le délayage, l'écrasage ne peuvent s'effectuer sur des fragments trop importants. On a soin d'amener les argiles à une certaine division, de manière à faciliter le travail.

On peut procéder à cette opération de diverses manières.

Écrasement. — L'argile est jetée entre deux cylindres parallèles, tournant en sens inverse autour de leur axe, et de manière à entraîner les matières dans l'espace laissé libre. L'inter-

Fig. 9.



valle qui sépare les deux cylindres peut être augmenté ou diminué de manière à permettre de donner l'écartement jugé convenable. Dans ces appareils la masse est brisée en menus fragments si elle est sèche, ou laminée en plaques si elle est humide.

Les matières dures sont serrées entre les deux cylindres et brisées. Pour éviter des accidents préjudiciables au fonctionnement de l'appareil, on a soin, dans la construction, de ménager des pièces de rupture faciles à changer. Leur but est de sup-

porter les chocs amenés par de fragments trop résistants. Les terres qui contiennent des impuretés sont dures à écraser et, pour les amener au degré voulu de division, il faut effectuer le travail d'écrasement en plusieurs fois. On commence avec un écartement relativement large des cylindres, puis on pousse l'argile dans d'autres paires de laminoirs réglés à des intervalles diminuant progressivement.

Les cylindres ont une surface lisse ou cannelée. Leur vitesse de rotation peut être différente pour chacun.

Les écraseurs se construisent dans plusieurs modèles. Le diamètre des cylindres ne dépasse guère 1^m, il ne descend que rarement au-dessous de $0^m,50$. La longueur utile varie de $0^m,40$ à $0^m,70$. La production augmente naturellement avec la puissance des appareils. Les plus petits modèles ne traitent à l'heure que $0^{m^3},500$ environ, les plus grands peuvent débiter jusqu'à 4^{m^3} et 5^{m^3}. La dépense d'énergie diffère avec l'état physique de la terre, elle ne s'élève ordinairement pas au-dessus de 10^{chx} pour les grands modèles écrasant des argiles difficiles à travailler.

Les broyeurs à cylindres se composent d'un fort bâti sur lequel reposent les deux cylindres. L'un d'eux se meut dans des paliers fixes, tandis que l'autre cylindre s'appuie sur des pièces mobiles maintenues par des vis de réglage permettant de donner à l'écartement des longueurs variables. Des racloirs assurent la propreté des surfaces. Il y a avantage au point de vue de l'action à employer des cylindres de grand diamètre; ces derniers saisissent plus facilement la terre.

La figure 9 représente un de ces appareils. Les broyeurs à cylindres cannelés servent principalement à briser les mottes de terre dure; ils ne servent que comme machines préparatoires. Leur construction est réglée de telle sorte que les dents de l'un viennent s'emboîter dans les creux, ménagés d'espace en espace, de l'autre. On donne généralement des diamètres différents à ces deux cylindres. L'un des cylindres est relié avec un engrenage et le second cylindre est entraîné, par suite, par le mouvement du premier. Les broyeurs à cylindres lisses ont une construction analogue, ils tournent avec des vitesses inégales.

En modifiant la disposition des laminoirs on peut les utiliser comme épurateurs.

Les cylindres sont remplacés par des troncs de cône tournant autour de leur axe, en sens contraire, de manière à conserver un écart constant entre deux génératrices en regard. L'argile passe dans l'écartement; les corps durs restent sur les troncs de cône et remontent vers les grandes bases, qui tournent à une vitesse plus grande, et s'échappent.

Pour pulvériser des argiles sèches on a recours aux meules ou aux moulins à boulets dont nous parlerons plus loin.

L'écrasement des argiles ne peut être opéré mécaniquement que pour une grande production. Pour de petites fabrications on ne peut entretenir un moteur sans une grosse dépense. Le travail se fait à bras d'homme encore dans quelques petites fabriques. En roulant sur une aire en pierre présentant une légère concavité un cylindre de pierre, on arrive à écraser la terre par un mouvement de va-et-vient imprimé au rouleau.

Taillage. — La division de la terre en fragments peut être obtenue par d'autres moyens. Les tailleuses, par exemple, arrachent des copeaux des blocs et les amènent à un état très convenable pour le travail. Ces machines (*fig.* 10) sont formées essentiellement d'un disque placé au fond d'un cylindre ou d'un tronc de cône et muni d'ouvertures armées de couteaux. En entraînant les blocs au moyen de palettes, reliées à un axe de rotation, ils viennent se déchirer sur les couteaux et les copeaux arrachés passent alors par les ouvertures ménagées devant le tranchant des couteaux. La vitesse de rotation doit être assez rapide pour obtenir l'arrachement et non le glissement. Une tailleuse alimentée par 2 chevaux-vapeur peut déchiqueter à l'heure de 4^{m^3} à 6^{m^3} d'argile.

Granulage. — Les granulateurs sont des tailleuses disposées un peu différemment. Ils comprennent un arbre incliné armé de couteaux disposés en hélice et placé au fond d'une trémie. L'argile est coupée, divisée et poussée hors de l'appareil.

Le débit des granulateurs est plus élevé que celui des tail-

leuses; ces appareils, du reste, sont construits pour alimenter une grande consommation. Certains granulateurs peuvent traiter jusqu'à 200$^{m^3}$ par jour.

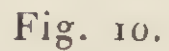
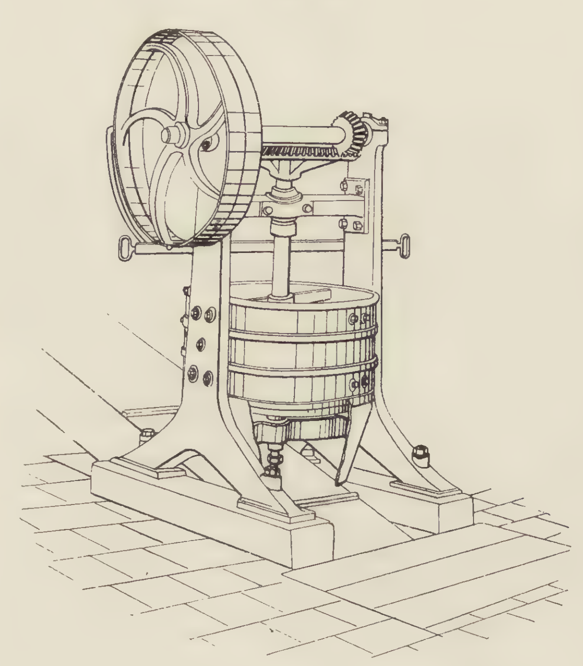


Fig. 10.



§ 3. — Lévigation.

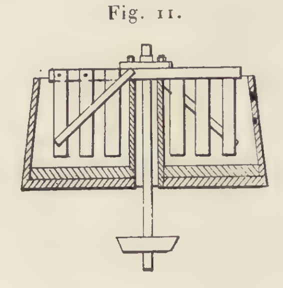
Les argiles sont toujours plus ou moins mélangées à des corps étrangers. Ces matières sont souvent en fragments dont les dimensions sont supérieures à celles des grains d'argile. En lévigeant la masse, c'est-à-dire en la délayant dans l'eau, on désagrège les fragments de la matière. La matière plastique plus fine entre en suspension, mais les pierres de dimensions un peu fortes restent au fond du vase. En décantant on sépare les parties les plus fines des fragments les plus grossiers. Fatalement l'argile plastique se trouve encore accompagnée de sub-

stances étrangères, ce sont les débris minéraux dont la grosseur est du même ordre que celle des grains d'argile.

L'argile lévigée est parfois employée au sortir des délayeurs, elle peut aussi être raffermie, autrement dit débarrassée de l'excès d'eau qui l'accompagne, et ramenée à l'état solide.

Dans les faïenceries, par exemple, les argiles sont jetées dans des cuves renfermant de l'eau. Un agitateur composé de palettes entraînées par un équipage mobile entretient l'agitation nécessaire à la désagrégation. Les mottes d'argile se divisent et, au bout d'un certain temps, sont complètement délayées. On décante alors le liquide qui ne retient plus que des parties fines. Par un premier tamisage il est possible de séparer du liquide des particules de dimensions un peu fortes entraînées par l'eau.

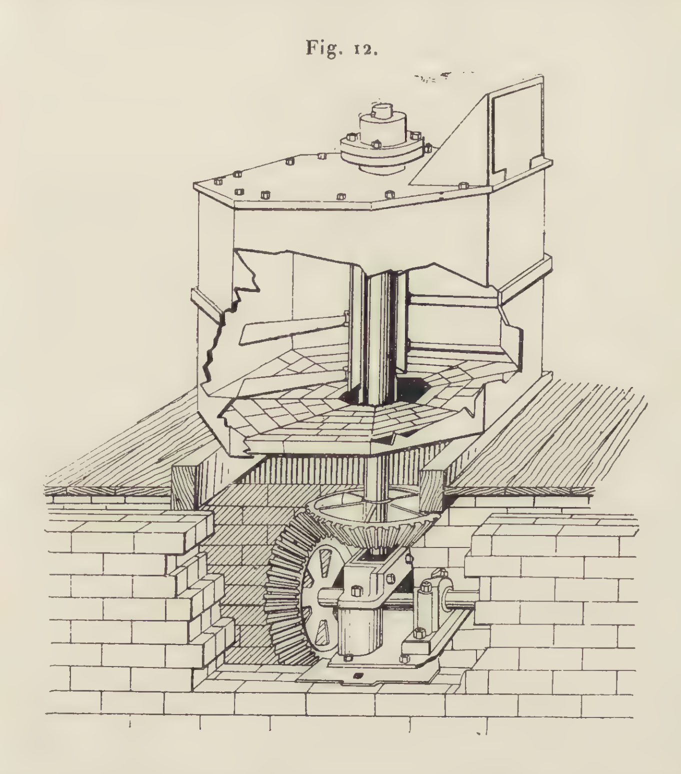
Fig. 11.



Un des modèles de laveurs à argiles les plus employés se compose d'une cuve tronconique reposant sur sa grande base. Au centre se trouve un axe de rotation armé de bras de bois; la figure 11 permet de se rendre facilement compte du dispositif. Une semblable cuve est en bois, sur le fond on a appliqué un lit de pierres dures, posées sur bitume et scellées au ciment, de manière à constituer une base dure et inaltérable. L'axe de rotation, isolé par un tube cylindrique du contact du liquide, traverse le fond de la cuve et reçoit le mouvement par une transmission inférieure. On doit avoir la précaution de débarrasser l'argile des grosses pierres, si elle en renferme, et de ne l'introduire que par fragments de dimensions moyennes. Les gros blocs se délaient très lentement et se collent les uns aux autres; il y a économie de temps à ne pas prendre la matière en gros morceaux.

Les cuves à délayer les argiles peuvent recevoir une disposition différente. La cuve affecte alors la forme d'un cylindre ou d'un parallélépipède dont l'axe principal, horizontal, est traversé par un axe de même direction armé de bras. On introduit alors

Fig. 12.

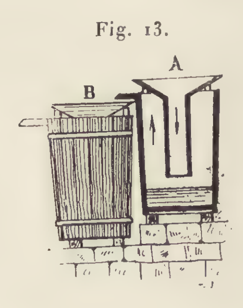


l'argile par une ouverture ménagée dans la partie supérieure. Les dispositifs de ces cuves de lavage n'ont rien d'absolu et l'on a adopté de nombreuses modifications sans importance sur le résultat final.

Le lavage des argiles kaoliniques se fait souvent d'une manière un peu différente. L'argile est étendue en lits étagés sur lesquels passe un courant d'eau. Le courant emmène les grains fins qu'il dépose loin du gros sable. La distance que parcourent les matières entraînées est d'autant plus grande qu'elles sont plus légères et plus fines. Par ce moyen on arrive à séparer du sable grossier l'argile et le sable ténu.

Ce lavage en cascades peut être réalisé avec des appareils très faciles à aménager dans une usine. La figure montre une série de cuves de bois disposées pour le lavage; le schéma est

Fig. 13.



suffisamment simple pour ne pas exiger de plus amples explications. Ce dispositif permet de laver des argiles pourvu que l'on dispose d'un courant d'eau.

A la fin du lavage on fait passer l'eau chargée de matières argileuses dans un tamis où elle abandonne encore des matières non plastiques tenues en suspension dans le liquide.

§ 4. — Tamisage mécanique.

La lévigation est longue et dispendieuse; elle nécessite un matériel et du temps. On peut, dans certains cas, simplifier le travail en tamisant l'argile. A l'état pâteux, cette dernière peut traverser des orifices de faible diamètre si elle est pressée avec une énergie suffisante. L'argile sera placée dans un cylindre perforé dans lequel se meut un piston. L'appareil est disposé de manière à permettre la sortie du piston pour la charge. Une fois le réservoir rempli d'argile, on fait agir la pression jusqu'à ce que le piston soit à bout de course; on le ramène ensuite en arrière et l'on vide le réservoir à argile. L'épuration ainsi produite ne porte que sur des pierres de dimensions appréciables; elle est suffisante pour certaines fabrications.

On a donné aux épurateurs des dispositifs variés. Les uns sont manœuvrés à bras; le piston est entraîné par une crémaillère, sur laquelle agit un pignon relié à une manivelle. Le

cylindre épurateur peut être placé verticalement ou horizontalement. Avec cette construction l'appareil est à fonctionnement intermittent. Dans d'autres modèles on a cherché à obtenir une production continue. Le mouvement de propulsion est obtenu au moyen de deux cylindres, entraînés par un moteur mécanique, venant chasser l'argile dans une boîte fermée par un treillis métallique.

§ 5. — Raffermissement et dessiccation.

L'argile se conserve à l'état sec et se transporte sous cette forme. Quelques fabrications se servent d'argile solide qu'elles travaillent, non en pâte, mais en poussière. Il est donc nécessaire de pouvoir débarrasser les terres de l'eau qu'elles peuvent contenir en trop grand excès.

Le mode de dessiccation le plus simple quand il s'agit de terres suffisamment fermes est l'exposition à l'air. Dans les pays tempérés et dans la belle saison, la dessiccation est opérée sans d'autres frais que le transport de la matière. Si l'on redoute les pluies, ou si l'on veut ne jamais se trouver tributaire des perturbations atmosphériques, il faut protéger l'argile de la pluie. Les terres seront alors disposées sous des hangars ventilés convenablement, de manière à empêcher le contact d'air saturé d'humidité avec les matières à sécher.

Quand les argiles proviennent d'un lavage elles sont à l'état presque liquide, mélangées à une grande quantité d'eau; on peut alors les faire séjourner dans des bassins cimentés. Les matières en suspension se déposent au bout d'un certain temps; il n'y a plus qu'à faire écouler le liquide clair surmontant le dépôt. On peut munir les cuves de robinets de trop plein ou d'un tube de sortie articulé que l'on penche plus ou moins. Il suffit d'incliner le tube de manière à le faire affleurer au-dessus du dépôt pour que le liquide surnageant vienne s'écouler par son orifice.

Le dépôt qui reste dans les bassins est épais, il a une certaine consistance; pour le débarrasser d'une grande partie de l'eau qu'il renferme il faut faire appel à d'autres dispositifs.

L'argile, encore riche en eau, a été raffermie et amenée à

l'état pâteux au moyen de corps absorbants tels que le plâtre. On a utilisé des caisses de plâtre pour raffermir les argiles. Par capillarité, l'eau s'introduit dans les pores du plâtre; l'argile s'épaissit progressivement, il n'y a plus qu'à l'enlever quand on la juge au point voulu pour être maniable. Ces cuves ou *coques* de plâtre sont lourdes, encombrantes, coûteuses et donnent un faible rendement. Ce mode opératoire n'est possible que pour de faibles quantités. On les remplace avantageusement par les filtres-presses, très commodes quand il s'agit d'argiles pas trop grasses comme les kaolins. Nous donnerons plus loin la description de ces appareils.

Si l'on désire obtenir de l'argile sèche, pour la fabrication par pressage, on doit alors pousser plus avant la dessiccation de la matière. Il faut recourir à la chaleur pour volatiliser les dernières traces d'eau. Les appareils que l'on emploie sont variables. On peut sécher l'argile dans un four modérément chauffé; un excès de température serait tout à fait nuisible puisque nous savons que l'argile perd ses propriétés plastiques en se déshydratant. Un four est toujours difficile à mener si l'on désire un bon rendement sans redouter de coups de feu dans les portions de terre les plus voisines du foyer. Aussi a-t-on imaginé des séchoirs à air chaud et à vapeur dont l'action calorifique ne peut amener de surchauffe, tout en donnant un grand débit.

Comme type de four à sécher l'argile nous pouvons indiquer le four coulant. Le four a un foyer inférieur dont les gaz de combustion traversent des couches d'argiles superposées. Les gaz chauds montent verticalement et circulent entre des plateaux disposés en chicane; ils trouvent sur ces plateaux l'argile à sécher, dont ils entraînent l'humidité, puis ils s'échappent par la cheminée. Le chargement se fait à la partie supérieure, le déchargement à la partie inférieure au moyen d'une ouverture latérale afin de ne pas souiller l'argile avec des débris de combustible. Des portes, ménagées à différentes hauteurs en face des plateaux, permettent de pousser l'argile dans la partie inférieure du four [1].

---

(1) Dümmler, *Ziegelfabrikation*.

II. — PRÉPARATION DES MATIÈRES NON PLASTIQUES.

Ces matières se rencontrent à l'état de sables ou de roches. Souvent c'est sous cette dernière forme qu'on les trouve, de sorte que la pulvérisation des matières doit être précédée d'un broyage, ayant pour but de réduire les gros fragments en morceaux permettant leur introduction dans les appareils de pulvérisation. Quelques substances subissent un lavage préalable, par exemple les sables, les quartzites.

§ 1. — Lavage.

A Drevant se trouvent des gisements de sables feldspathiques, employés dans le Berry par les porcelainiers [1]. Ces sables, accompagnés de micas et de composés ferrugineux, doivent subir une purification préalable avant leur emploi. Les laveurs destinés à ce travail comprennent une boîte métallique légèrement inclinée, dans laquelle se trouve une vis d'Archimède dont la rotation fait remonter les substances à la partie supérieure. Un fort courant d'eau traverse l'appareil de haut en bas et rencontre les sables qui circulent en sens inverse. Les débris micacés et ferrugineux sont entraînés par le courant. Le sable est déchargé au sommet du laveur.

Les quartzites se trouvent en blocs dont la surface est souvent souillée de dépôts minéraux peu adhérents. On les soumet aussi à un lavage. Un appareil, employé à cet usage, se compose d'un cylindre horizontal tournant autour de son axe. Deux ouvertures sont ménagées aux deux extrémités de l'axe; l'une est disposée pour l'introduction des blocs de quartz, l'autre pour leur sortie. Des palettes convenablement disposées forcent les blocs à parcourir suivant une hélice la surface interne du cylindre. Le quartz rencontre un courant d'eau pendant tout le trajet et subit un lavage sous toutes ses faces. A la sortie il tombe sur une

---

[1] Marc Larchevêque, *Fabrication industrielle de la porcelaine dure*, p. 18.

grille, à travers laquelle s'écoule l'eau chargée de débris minéraux; de là on le porte au concassage. Ce tambour laveur était employé à l'usine d'Euskirchen (Prusse rhénane) pour le lavage des quartzites destinées à la confection des briques de Dina.

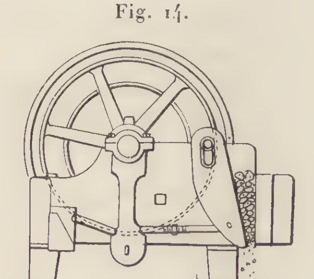
Ces deux exemples suffisent à donner une idée des dispositifs à employer dans les lavages de roches et de sables.

§ 2. — Broyage et pulvérisation.

On utilise diverses sortes d'appareils pour le broyage et la pulvérisation. Les concasseurs ne donnent jamais que de menus morceaux. Ils préparent le travail pour les broyeurs, qui sont chargés d'amener la matière à un grand degré de division. Sous ces deux noms génériques on désigne deux groupes d'appareils très nombreux et très variés; nous examinerons les plus importants.

Concasseurs. — Quand il s'agit de matières dures de fortes dimensions on a souvent recours au concasseur à mâchoires. Le concasseur à mâchoires comprend deux fortes pièces métalliques (fonte dure) dont l'une est fixe et l'autre mobile. Au moyen d'un excentrique, calé sur un arbre en rotation, la pièce mobile

Fig. 14.



peut tourner d'un certain angle autour d'un axe fixe résistant et se rapprocher de la pièce fixe. La distance qui sépare les deux pièces est réglable de manière qu'elle ne livre pas passage à des fragments de dimensions supérieures à un type

déterminé. Si maintenant on introduit des fragments de matières entre les deux pièces ou mâchoires, ces fragments se trouvent pressés et écrasés entre ces organes. On dispose les mâchoires de telle sorte que les morceaux à briser soient introduits à la partie supérieure du concasseur et que les fragments descendent par leur propre poids.

Le concasseur aura donc à fournir un effort assez puissant pour briser les roches dures siliceuses que consomme l'industrie céramique, c'est pourquoi il est bon de prévoir dans sa construction que des fragments exceptionnellement durs peuvent se présenter. On ménage généralement une pièce permettant, par sa rupture ou sa déformation, à la mâchoire de céder sans se rompre si le corps refuse de se diviser.

Les bocards sont les appareils les plus anciennement employés, ils représentent le premier perfectionnement du broyage au mortier à la main. Ils se composent de pilons formés d'une masse fixée à une tige de bois que des cames, entraînées par un arbre horizontal, viennent soulever. Le marteau du pilon et l'enclume sont en fonte, en fer ou en métal recouvert de pierre dure, si l'introduction de parcelles ferrugineuses est nuisible à la fabrication. On renferme l'appareil dans une caisse pour éviter les poussières.

Les bocards ont l'inconvénient de donner des grains de grosseur inégale; ils s'usent rapidement et font un tapage assourdissant.

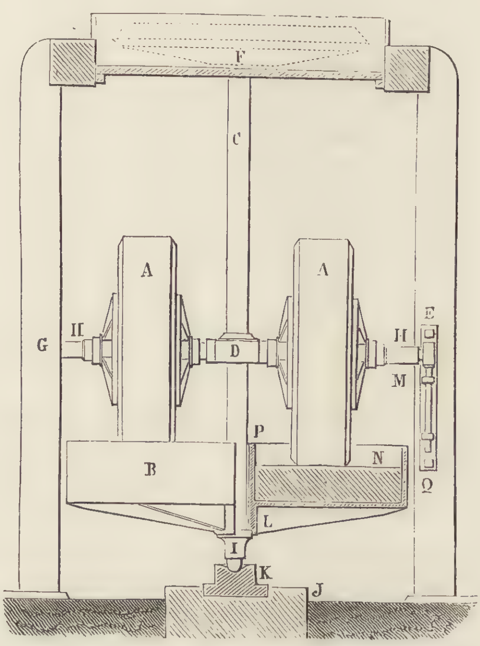
Les moulins à cylindres servent à réduire en menus fragments les matières dures, comme les précédents appareils ils opèrent le travail préliminaire du broyage. Ils se composent d'une paire de cylindres horizontaux parallèles, dont le manteau est en acier forgé. Les axes des cylindres reposent sur des paliers horizontaux, mobiles, permettant de régler à volonté l'écartement des cylindres. Les petits modèles ont des cylindres de 25^{cm} de diamètre, les grands de 100^{cm}. On compte sur une dépense d'énergie de 2 à 12 chevaux et sur une production de 500^{kg} à 5000^{kg}.

Ces broyeurs donnent des grains depuis la grosseur d'un pois jusqu'à celle d'un gros grain de poudre. Quand on désire une mouture fine on superpose deux paires de cylindres. Ces appa-

reils ne diffèrent des cylindres à broyer l'argile que par leur solidité.

Les moulins à meules verticales sont formés de deux meules montées sur un même arbre horizontal et roulant sur un plateau. On leur donne divers dispositifs. Quelquefois au lieu de faire tourner les meules autour d'un axe vertical on donne au

Fig. 15.

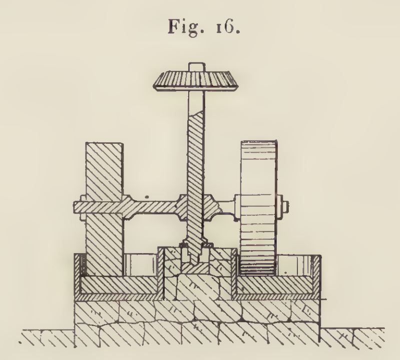


plateau sur lequel elles reposent un mouvement de rotation. Il est nécessaire que l'axe entraînant les meules ne soit pas fixé d'une manière trop rigide. La résistance d'un morceau trop dur entraînerait des ruptures si les meules ne pouvaient se déplacer en hauteur et passer dessus. Avec des meules fixes et un plateau tournant la construction est simple. On voit nettement sur la figure que le mode de suspension des meules leur laisse la latitude d'être soulevées sans accident.

Quand les meules sont mobiles, le mode d'attache de l'axe horizontal à l'axe vertical doit permettre aux meules de fran-

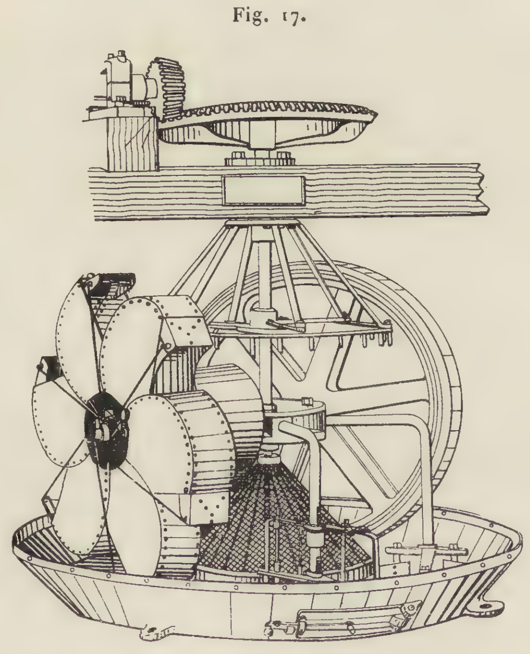
chir un morceau de matière non écrasée. Les plateaux sur lesquels roulent les meules sont souvent revêtus de pierre dure,

Fig. 16.



pour éviter l'introduction du fer dans la matière; quelquefois pourtant les plateaux sont en fonte et parfois même les meules

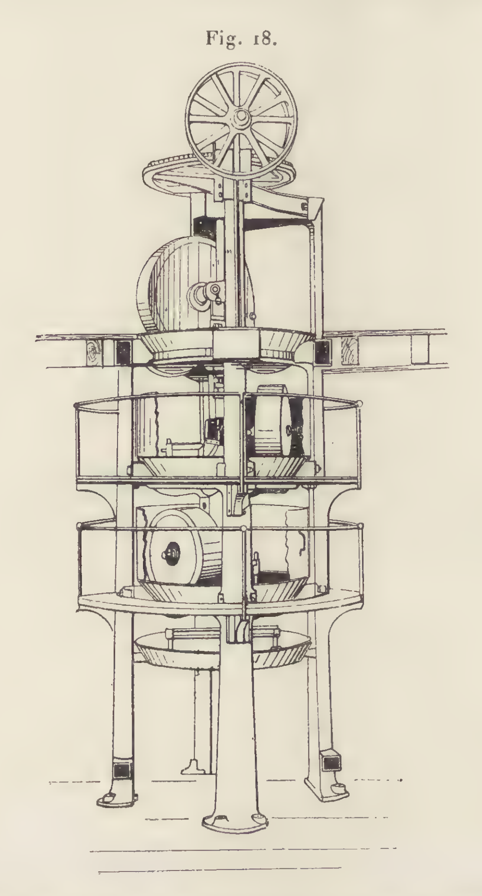
Fig. 17.



sont métalliques. On a cherché à perfectionner ce genre de moulins, aussi les modèles sont-ils nombreux. Le premier que

nous donnons est un moulin à meules fixes. Le plateau est mobile, il est recouvert d'une garniture de pierre dure. Cet instrument est utilisé à la manufacture de Sèvres pour écraser les pegmatites. Le second moulin diffère un peu du précédent dans sa construction, les meules ne parcourent pas le même

Fig. 18.



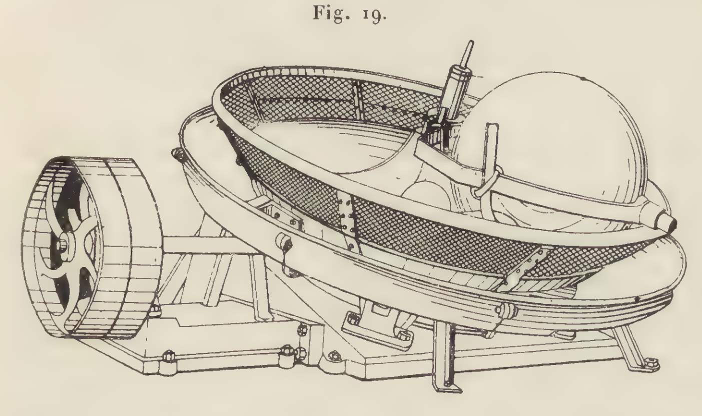
chemin, mais des routes parallèles. On trouve d'autres dispositifs dans des modèles plus récents à meules mobiles. Dans les uns, l'enlèvement se fait automatiquement; le plateau est percé de trous, des raclettes suivant les meules ramènent les morceaux sous le chemin des meules en passant sur les ouvertures du plateau. Dans d'autres une spirale à godets vient ramasser la

poudre et la verser sur un cône central, en toile métallique, qui laisse passer le fin et fait retomber sous la meule les fragments trop gros. On peut, dans certains appareils comme le broyeur Ulzer (*fig.* 18), superposer plusieurs meules dont les effets s'ajoutent.

Le travail fourni par les meules varie avec la forme et les dimensions de l'appareil. En moyenne, un moulin à meules de diamètre de 65^{cm} à 150^{cm} demande de 1 à 10 chevaux. Le poids de semblables meules va de 300^{kg} à 3000^{kg}. Ces moulins pourront broyer de 300^{kg} à 1000^{kg} à l'heure.

La broyeuse à boule Villeroy se compose d'un plateau incliné, recevant un mouvement de rotation, et supportant à sa partie

Fig. 19.

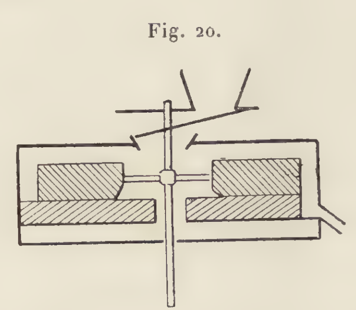


inférieure une sphère pesante. Un guide de sûreté retient la boule dans le plateau; des racloirs ramènent la matière sous la boule. Le plateau est muni d'un rebord formant tamis, de sorte que la matière ayant atteint la finesse voulue est éliminée à mesure de sa production.

Dans le modèle construit par M. Lœis, de Trèves, la boule a $0^{m},83$ de diamètre, le poids varie de 1000^{kg} à 2000^{kg}. Avec des ouvertures de tamis de 4^{mm} et une boule de poids maximum de 2000^{kg} on peut broyer à l'heure 2200^{kg} de silex calciné ou de débris de faïence, ou 1500^{kg} de feldspath brut, avec une dépense de 5 chevaux. La boule est construite en granit et le fond du plateau est revêtu de même matière.

Parfois on emploie, pour écraser le ciment destiné à la gazetterie, un moulin, tel que les moulins à blé. Il est formé de deux meules horizontales dont l'une est fixe, l'inférieure, et l'autre mobile, la supérieure. Par l'œil de la meule on introduit la matière en petits fragments. La meule mobile l'entraîne et l'écrase en lui faisant parcourir la périphérie; la poudre ressort une fois qu'elle a été frottée sur toute la surface de la meule et s'échappe par la circonférence.

Fig. 20.



Un autre modèle de moulins comprend deux disques horizontaux formant meules. Chaque disque est denté, il est composé d'un cône intérieur et d'une couronne. Le plateau supérieur est fixe et porte la trémie d'arrivée de la matière, tandis que le disque inférieur est mobile autour d'un axe vertical. La matière tombe de la trémie sur le disque inférieur et s'échappe broyée par le pourtour de celui-ci. La distance des deux plateaux est variable de manière à pouvoir être réglée pour une finesse déterminée. Ce broyeur est construit en somme comme le moulin à blé, avec une différence dans le fonctionnement des meules puisque c'est ici la meule supérieure qui est fixe.

Les grains obtenus ainsi sont plats; le ciment est allongé et sans grain rond.

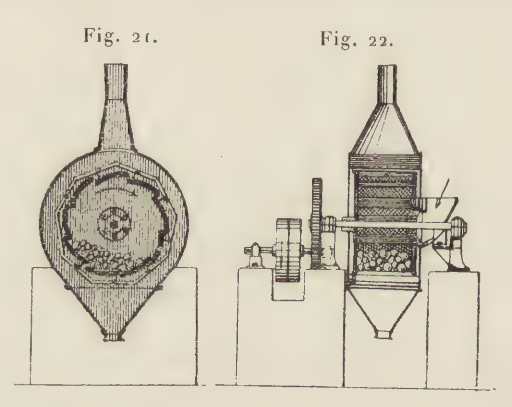
Quand on emploie des argiles bien sèches on peut les réduire en fragments avec des appareils dont le fonctionnement est basé sur d'autres principes.

Les moulins à boulets sont formés d'un tambour cylindrique calé sur un axe mû par un engrenage, commandé par une poulie. Dans le tambour sont des boulets d'acier qui, pendant la

rotation du système, viendront frapper la matière et la briser.

Les parois du tambour sont perforées d'ouvertures de 10^{mm} de diamètre; pour éviter le simple roulement des boulets les plaques qui constituent le revêtement intérieur du cylindre se recouvrent comme les tuiles d'un toit, de sorte que pendant le mouvement de rotation les boulets tombent de l'une sur l'autre et provoquent la destruction des morceaux de la matière.

Fig. 21. Fig. 22.



Derrière chacune de ces plaques se trouve une plaque de tôle perforée comme un tamis. Le tambour que nous venons de décrire est lui-même entouré d'une enveloppe de toile métallique formant tamis et qui sépare ainsi la partie fine des grains moyens. Une enveloppe de tôle terminée en trémie à sa partie inférieure enveloppe tout le système et recueille les poussières sorties du tamis.

Le service de cet appareil est continu. L'introduction de la matière, en morceaux qui peuvent être le double du poing comme grosseur, se fait par une ouverture latérale.

La vitesse d'un semblable broyeur ne doit pas être très grande; elle varie de 20 à 40 tours à la minute.

Le moulin à boulets a reçu aussi une disposition différente de la précédente; l'axe de rotation qui était horizontal devient vertical dans de nouveaux modèles. C'est sur un plateau que s'effectue alors la pulvérisation. Les boulets, en nombre restreint, roulent avec une certaine vitesse; ils sont entraînés par une pièce en rotation.

Dans ces dernières années on a construit des concasseurs dits *à force centrifuge*. Ce sont des appareils tournant à grande vitesse et comprenant un système de pièces, formant marteaux, enfermées dans une enveloppe. La matière introduite près du centre de rotation est projetée par la force centrifuge vers la circonférence, mais sur son parcours elle reçoit des chocs très nombreux. Ces instruments donnent une grande production, mais exigent une dépense de force assez grande.

Le broyeur Carr se compose de deux groupes de couronnes parallèles, concentriques, pouvant s'intercaler les unes dans les autres; chaque groupe est fixé sur un axe horizontal. Chaque couronne est formée d'une série de tiges d'acier également espacées, maintenues à la partie supérieure et à la partie inférieure par un cercle métallique. Vient-on à animer les axes de mouvements de rotation rapides et de sens contraire, les corps lancés dans les couronnes sont entraînés et subissent une série de chocs violents dans chaque sens et sont brisés. Tout l'appareil broyeur proprement dit est enfermé dans une enveloppe qui empêche la diffusion de la poussière et les projections de matières. La finesse du produit varie avec la vitesse.

Ces instruments ne sont pas destinés à broyer des matières extrêmement dures. Ils sont bons à utiliser pour les argiles, le ciment, par exemple. Leur débit peut être assez considérable (de 4000^{kg} à 15000^{kg} à l'heure) et leur fonctionnement demande environ de 2,5 à 4 chevaux par tonne broyée à l'heure. La vitesse à donner est un peu grande, elle est de 400 tours pour les appareils de faibles dimensions et de 300 tours pour les plus grands.

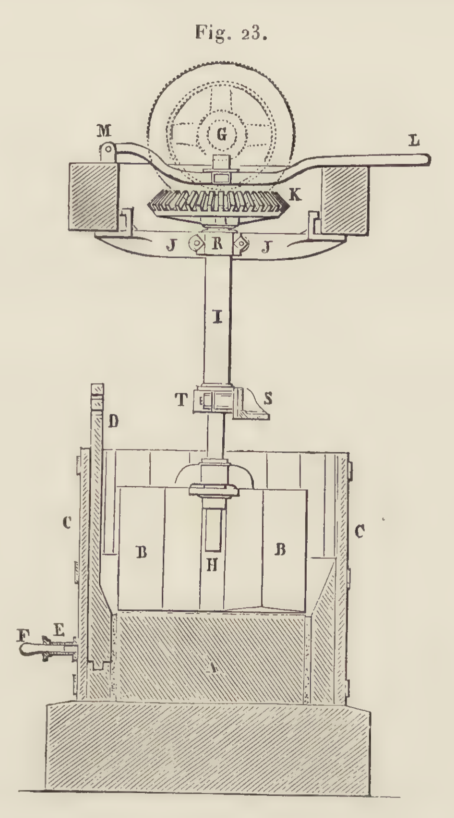
Le concasseur Vapart est formé de trois plateaux, fixés sur arbre vertical et qui portent des armatures dirigées suivant les rayons. Entre les plateaux se trouvent deux entonnoirs dont la grande ouverture reçoit les débris tombant du plateau supérieur. Une enveloppe cylindrique enferme tout le système.

Une fois l'appareil en rotation, les fragments de matière sont introduits par une ouverture supérieure placée au centre. Les morceaux tombent, gagnent la périphérie et sont heurtés par les armatures. De là ils tombent sur le plateau inférieur où ils

subissent les mêmes effets jusqu'à leur sortie du troisième plateau.

Pulvérisateurs. — Lorsqu'on désire obtenir une grande division de manière que les grains puissent traverser des tamis fins tels que les tamis 120, il faut recourir à d'autres appareils.

Fig. 23.



Ceux que nous venons de décrire ne donnent qu'une pulvérisation imparfaite, insuffisante dans beaucoup de cas. On se sert des diverses meules, concasseurs, etc.; pour commencer le travail de la pulvérisation, on introduit la poudre grossière dans les appareils que nous allons décrire et qui jouent le rôle de pulvérisateurs.

Les moulins à meule se composent d'une meule horizontale,

échancrée ou elliptique, frottant sur un lit de pierre. Ces deux pièces sont en grès dur. Dans la plupart des cas la meule supérieure est abandonnée à tout son poids et l'arbre qui la traverse n'a d'autre fonction que de la faire tourner.

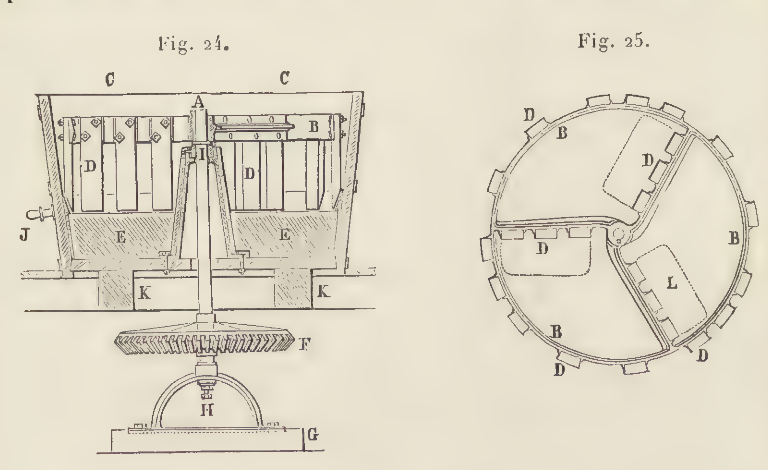
Les meules ont toujours de petites dimensions, leur diamètre ne dépasse pas 70^{cm}. Les meules ovales ont comme petit diamètre les deux tiers du grand diamètre. On pique la surface inférieure de manière à donner du mordant. On groupe ensemble un certain nombre de ces appareils de manière à les actionner au moyen d'une même roue dentée.

La vitesse à donner est de 4 tours à la minute. Le rendement est faible (60^{kg} de sable et 80^{kg} de feldspath en 48 heures). On doit éviter de mettre toute la charge que l'appareil peut porter, sans cela on s'expose à des arrêts dans le fonctionnement. Ces meules disparaissent progressivement des usines; on les remplace par des instruments plus puissants et plus avantageux.

Ces meules ne fonctionnent pas à sec, elles tournent au sein de l'eau.

Dans les moulins à bloc le broyage est effectué au moyen de pierres dures frottant sur un lit de même matière E. Des bras

Fig. 24. Fig. 25.



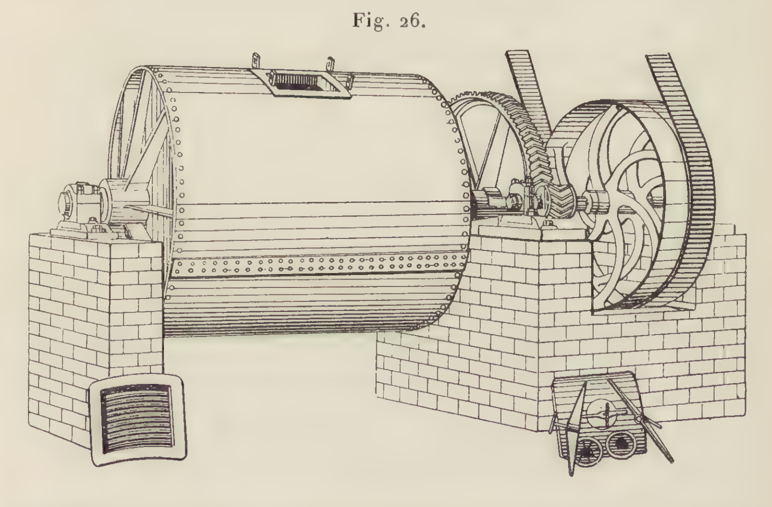
et des palettes D fixés à un arbre de rotation entraînent les blocs L et les poussent devant eux. Le broyage se fait au sein de l'eau et pour isoler l'arbre de rotation du contact du liquide

on a soin de l'entourer d'un tube formant gaine, allant jusqu'au fond de la cuve renfermant le système. Les blocs sont du poids minimum de 100^{kg} et les cuves ont de 3^m à 5^m de diamètre. Le mouvement est communiqué par-dessus ou par-dessous au moyen d'engrenages.

Avec une vitesse de 9 à 10 tours par minute on broie 240^{kg} de matière en 24 heures. Ces moulins à blocs sont encore très employés, surtout dans les faïenceries anglaises. Lambert indique comme avantageux d'incliner légèrement le parement de la circonférence vers l'axe. Avec une légère pente (au-dessous de 5^{cm}), le mouvement des blocs est doux, les pierres se maintiennent à égale distance de l'axe. De plus, les matières à broyer ne s'accumulent pas à la circonférence de la cuve, comme cela arrive avec un parement horizontal. Les roches, à employer pour le parement, doivent être dures et mordantes, et surtout ne pas renfermer de matières nuisibles puisqu'elles s'usent lentement. On donne en Angleterre une épaisseur de 40^{cm} à 50^{cm} au parement.

Le cylindre d'Alsing est un important perfectionnement dans le broyage. Il permet de moudre très finement la matière sans

Fig. 26.



poussière. Le broyeur Alsing est formé d'un cylindre en fonte, garni à l'intérieur d'un revêtement en grès ou en porcelaine, ou même en pierre siliceuse dure. Le remplissage et la vidange se

font par une ouverture ménagée dans la paroi et que l'on peut fermer au moyen d'une pièce maintenue par une vis de pression. La matière est introduite dans l'appareil, mélangée de galets durs (3 fois le poids), puis on remplit d'eau et l'on fait tourner. (On peut opérer aussi à sec, mais moins avantageusement.)

Le moulin Alsing a été un peu modifié et a reçu une disposition lui permettant le travail à sec continu.

L'appareil Dana se compose d'un long tube pouvant tourner autour de son axe horizontal et rempli à moitié environ par des boulets (galets de mer). Le tube est en fer et garni d'un revêtement interne en pierre. Ce tube peut tourner sur deux tourillons appuyés sur deux paliers. La rotation est donnée par un système de roues dentées. L'introduction de la matière se fait par un tourillon creux, dans lequel se meut une vis sans fin T. L'évacuation se produit par des orifices percés sur la circonférence à l'autre extrémité du tube U. Les orifices sont de dimensions telles que les galets ne peuvent s'échapper du tube.

La matière entre donc par le centre de l'appareil et se trouve prise entre les boulets. A mesure du broyage, elle remplit les

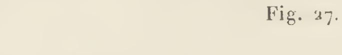
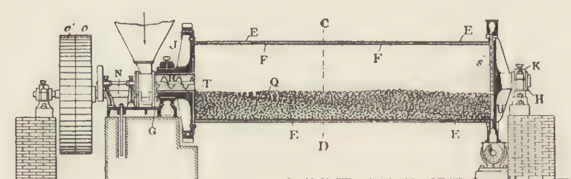
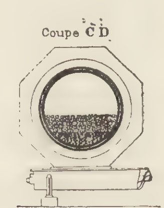


Fig. 27.





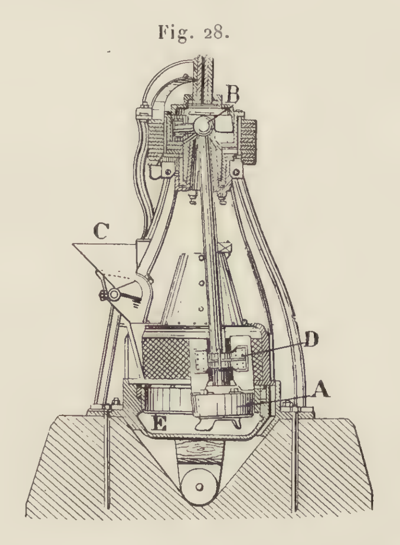
interstices entre les galets et s'avance progressivement dans le tube. La matière divisée se trouve d'autant mieux disséminée qu'elle est à un état de finesse plus grand. Plus la matière avance, plus la surface broyante, avec laquelle elle se trouve en contact, est grande. Il ne reste pas de poussière agglomérée formant masse dans le tube, aussi à la sortie obtient-on, sans blutage aucun, une poudre extrêmement fine. Ce résultat est très remarquable; il est la conséquence du cheminement de la matière dans la masse broyante. On donne à ce tube une longueur de 5^m. La charge de galets qu'il reçoit s'élève à 3800^{kg}. Cette masse

donne (avec la superficie intérieure du tube) une surface broyante moyenne de 250^{m^2}.

On règle la finesse du produit par la vitesse de rotation. Plus cette dernière est grande et plus le grain est gros. La machine exposée en 1900 donnait 500^{kg} à l'heure de sable quartzeux pouvant passer au tamis 200 avec une dépense de 19 chevaux.

Le moulin Griffin, de la Bradley Fertilizer Company de Boston, se compose en principe d'une meule A, fixée à un arbre sus-

Fig. 28.



pendu, tournant contre un anneau formant mortier. Le broyage s'effectue sur les parois latérales, le fond de la cuve ne subissant pas le frottement de la meule. Ce dernier organe se compose d'une pierre dure, de forme tronconique, supportée par un arbre métallique traversant son axe; la meule a un diamètre inférieur à celui du mortier; pendant le fonctionnement de l'appareil elle vient rouler sur la partie latérale. L'arbre, qui met en mouvement la meule, est suspendu à l'intérieur d'une poulie au moyen d'un joint universel tournant avec la poulie, le joint permettant à l'arbre de tourner librement.

Les matières à broyer sont introduites par une ouverture latérale. Une fois tombées au fond du moulin, elles sont soulevées par des lames, placées au-dessous de la meule, qui viennent les

lancer sur les parois où elles rencontrent la meule. Il se produit pendant le broyage une fine poussière que l'agitation de l'air, au moyen d'ailettes fixées sur l'arbre, maintient en suspension. La poussière rencontre au-dessus de la cuve un treillis métallique formant tamis, qu'elle traverse si elle est suffisamment fine. La poudre tombe alors dans un canal inférieur d'où elle est entraînée par une vis.

La production est de 1000^{kg} à 3000^{kg} par heure suivant que l'on désire un produit passant dans un tamis de 725 à 6400 mailles par centimètre carré. Par 1000^{kg} on dépenserait de 10 à 15 chevaux. Ce broyeur peut fonctionner à sec ou à l'eau.

CHAPITRE V.

PRÉPARATION DES PATES.

I. — DOSAGE DES MATÉRIAUX.

Une fois la composition d'une pâte établie, on peut opérer le mélange des matériaux de diverses manières. S'ils sont secs, on opérera par volume ou par pesées; s'ils proviennent d'un appareil de broyage ils peuvent se trouver à l'état de barbotines (c'est-à-dire délayés dans l'eau), il y a intérêt alors à pouvoir les mélanger en cet état.

§ 1. — Dosage en volume a sec.

Certaines fabrications, telle la fabrication des terres cuites (briques, tuiles), utilisent les argiles au sortir de la carrière sans traitement préalable pour les purifier. On se contente de mélanger les terres, avec ou sans addition de dégraissant, de manière à obtenir une masse dont la plasticité soit convenable pour le travail. Le mélange en volume est tout indiqué dans ce cas. On amène les matières par brouettes ou wagonnets et c'est le récipient qui sert à leur manœuvre que l'on choisit comme commune mesure. La précision ainsi obtenue sera bien suffisante pour la nature des produits à fabriquer.

On fait des tas des diverses substances, tas que l'on arrose d'eau de manière à bien les imbiber si les matières sont trop sèches. On abandonne alors au repos pendant un temps plus ou moins long. Ce temps de repos est variable avec la nature des argiles et la composition de la masse. On retourne les tas de

manière à mettre en contact les différentes parties. Avec des argiles lentes à se mouiller, on opère sur une aire battue, maçonnée ou cimentée de manière à éviter les pertes d'eau dans le sol.

§ 2. — Dosage des matériaux par voie humide.

Dans beaucoup de fabrications l'argile est lavée avant l'emploi et les matières dures sont broyées à l'eau. Les éléments de la pâte se trouvent donc délayés dans le liquide; on a recours alors au dosage en volume. La composition de la pâte une fois connue, il faut savoir la richesse des diverses barbotines pour la reconstituer. Il suffira de mélanger des volumes des différents liquides dans des rapports convenables.

Le premier problème à résoudre est l'évaluation de la richesse en matière solide d'une barbotine donnée.

On prend un vase de verre jaugé de 200^{cm^3} que l'on remplit de la barbotine à étudier. (Pour cet essai on doit faire une prise dans une masse aussi homogène que possible.) On pèse ensuite le vase, préalablement taré. Avec cette donnée et la connaissance du poids spécifique du corps en suspension on peut effectuer le calcul du poids de matière sèche contenue dans la barbotine.

Désignons par :

v la contenance de la jauge en centimètres cubes;
P le poids de la barbotine remplissant la jauge;
p le poids de matière sèche contenue dans la jauge;
π le poids spécifique de la substance.

Nous pouvons écrire que le poids de barbotine est égal à la somme des poids des composants

$$P = p + v - \frac{p}{\pi},$$

le poids de l'eau est évidemment égal au volume total, transformé en grammes, diminué du volume de la matière sèche,

$$P = p + v - \frac{p}{\pi} = p\left(1 - \frac{1}{\pi}\right) + v = \left(\frac{\pi - 1}{\pi}\right)p + v,$$

$$p = (P - v)\frac{\pi}{\pi - 1}.$$

Cette dernière égalité donne le poids de matière sèche contenue dans la jauge; il est facile, par une simple proportion, de déterminer la teneur d'un volume quelconque. Soient V ce volume et P_1 le poids de matière sèche qu'il renferme; on aura

$$P_1 = \frac{V}{v} \frac{\pi}{\pi - 1} (P - v).$$

Le calcul précédent suppose le poids spécifique du corps connu; dans le cas où on ne le connaîtrait pas, il est facile de le déterminer :

1° La méthode du flacon est très simple à appliquer puisque l'on a sous la main un vase de capacité connue.

2° On évaporera la barbotine dans une capsule, par exemple, jusqu'à siccité; on aura ainsi le poids de matière sèche contenue dans un volume déterminé, volume dant on connaît le poids. En reprenant la première égalité écrite plus haut,

$$P = p + v - \frac{p}{\pi},$$

on peut en tirer :

$$\frac{p}{\pi} = p + v - P,$$

$$\pi = \frac{p}{p + v - P}.$$

On connaîtra ainsi π.

L'emploi des aréomètres n'est pas à recommander. L'instrument perd sa mobilité dans les barbotines un peu épaisses, ses indications deviennent donc illusoires.

Il semblerait, à première vue, plus simple de déterminer la teneur en matière sèche d'une manière plus directe, par évaporation, par exemple. Ce mode opératoire est long; on préfère, une fois pour toutes, faire les principales déterminations et réduire toute l'évaluation à une pesée.

Il serait peu pratique de ramener les barbotines à une densité constante; en dressant des Tables à l'avance, on peut déterminer le volume de liquide à employer pour introduire le poids nécessaire. On construit des Tableaux pour chaque matière et, en présence du poids de la barbotine, on inscrit le poids de

matière sèche. Voici un exemple des Tableaux utilisés par les faïenciers; la matière citée est la pegmatite.

Poids du litre de barbotine.	Poids de matière sèche.
1296 g	498 g
1327	509
1357	598
1377	648
1417	706
1447	748
1476	798
1507	848
1536	898

Pour effectuer le mélange on aura recours à une cuve cylindrique ou prismatique dans laquelle on versera des volumes convenables de chacune des matières. La mesure du volume, par suite de la forme de la cuve, se réduit à une simple lecture de hauteur. On place une règle verticale dans la cuve, puis on laisse arriver une des barbotines jusqu'à la hauteur convenable; on laisse écouler le liquide dans un réservoir, puis l'on procède avec une seconde barbotine, comme avec la première, et ainsi de suite jusqu'à ce que tous les matériaux aient été mélangés. Le travail est réduit à une pesée des barbotines et à une lecture sur une règle.

Pour éviter les dépôts dans les barbotines, il faut les maintenir dans une constante agitation. Si les barbotines ne proviennent pas directement des moulins, on a le soin de placer dans les tines qui les renferment des agitateurs à palettes dont le rôle est de maintenir la matière broyée en suspension. Les réservoirs dans lesquels se rend le mélange sont également munis d'agitateurs. Abandonnées au repos, les barbotines laisseraient déposer les matières solides qu'elles renferment, d'autant plus vite qu'elles seraient plus lourdes. Le mélange n'aurait plus ni homogénéité, ni composition fixe.

Dans quelques usines on construit le Tableau des concordances des poids et volumes des barbotines sur une règle de bois. La densité étant connue, il suffit de verser dans le bac du liquide jusqu'au trait portant inscrite cette densité.

Cette manière de travailler est tellement habituelle dans certaines fabrications qu'au lieu de donner la formule d'une pâte en poids, on la donne en hauteurs de barbotine. Ainsi on trouve en Angleterre, dans certains *recipe* pour la fabrication de la faïence, des indications comme celles-ci :

Pâte de faïence.

Argile plastique.........	11	inches	soit	27,5 cm
Kaolin..................	7 ½	»	»	18,5
Cornish-stone..........	7 ½	»	»	18,5
Silex..................	1	»	»	2,5

Les laits de ces matières n'ont pas tous la même teneur en produit sec. Dans l'exemple précédent les chiffres s'appliquent aux mélanges types qui sont :

Argile plastique	pesant	24	onces à la pinte, soit...	1364 g	le litre
Kaolin	»	26	» ...	1424	»
Cornish-stone	»	32	» ...	1751	»
Silex	»	32	» ...	1751	»

§ 3. — Dosage par pesée.

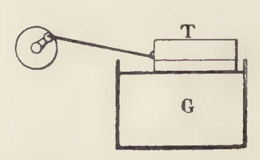
Quand on a les matières premières d'une pâte à l'état sec, on peut procéder par pesées. Il faut connaître, par exemple, la teneur des produits en matière sèche, car, suivant l'état hygrométrique, suivant la nature des substances on trouve dans ces produits des quantités variables d'eau hygrométrique. Des pesées faites sans ces déterminations exposent à de graves erreurs. Une fois les matériaux pesés il n'y a plus qu'à les mélanger. On les délaie alors dans l'eau et l'on emploie pour cela un appareil analogue à ceux dont nous avons parlé, en traitant des argiles. On pourrait, dans un appareil tel que le moulin à blocs, terminer le broyage, tout en effectuant le mélange.

§ 4. — Tamisage.

On ne peut pas admettre que le broyage ait donné des particules identiques, toutes de dimensions suffisamment petites. Au

moyen de tamis on peut s'assurer de la finesse des grains. On fera passer les barbotines dans des tamis de finesse déterminée. Les tamis sont maintenus constamment en mouvement par un dispositif mécanique. Un des types les plus employés est le tamis à glaces. Le tamis, relié à une tige animée d'un mouvement de

Fig. 29.



va-et-vient, glisse d'avant en arrière et d'arrière en avant sur une glace, percée d'une ouverture centrale. Le liquide arrive par-dessus, tombe dans le tamis, le traverse et s'écoule par l'ouverture de la glace.

Les tamis peuvent aussi être suspendus au-dessus d'une cuve et soumis à des secousses latérales, comme dans les deux figures ci-jointes.

On se sert aussi de blutoirs pour opérer le tamisage. Dans

Fig. 30.

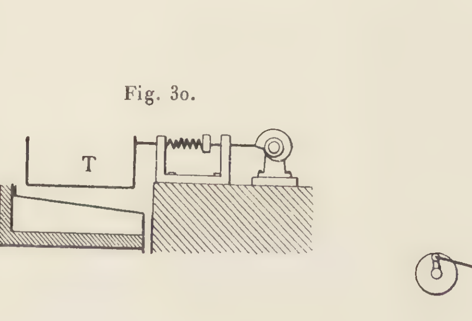
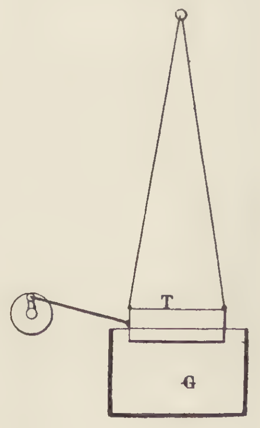


Fig. 30 *bis*.



ce cas, le tamis forme la surface d'un prisme qui tourne autour de son axe. Le liquide entre par une ouverture latérale voi-

sine de l'axe; la rotation l'étale sur toute la surface interne du blutoir.

Les tamis sont en soie, on en fait pourtant en toile métallique.

La désignation de la finesse des tamis devrait régulièrement se faire par le nombre de mailles au centimètre carré. Il n'en est pas toujours ainsi : si l'on trouve des numéros de tamis se rapportant au nombre de fils par centimètre carré, on rencontre aussi des désignations sans rapport avec le système métrique, le pouce étant pris comme unité par exemple.

II. — CALCUL DES PATES.

On peut se proposer, étant donnée la composition d'une pâte, de préparer une pâte de composition identique.

Ce calcul peut se faire de diverses manières :

1° Calculer le dosage en poids des matériaux devant constituer une pâte dont la composition est donnée chimiquement;

2° Calculer le dosage en poids des matériaux devant former une pâte dont la composition est donnée par sa formule;

3° Calculer le dosage des matériaux d'une pâte dans le cas où le mélange se fait par voie humide.

§ 1. — Calcul d'une pate dont la composition est donnée par une analyse.

Supposons qu'il s'agisse de reconstituer la pâte suivante :

Silice	66,6
Alumine	28,0
Oxyde de fer	0,7
Chaux	0,3
Magnésie	0,6
Potasse	3,8
	100,0

Les matériaux dont on dispose renferment :

	Kaolin.	Feldspath.	Quartz.
Silice	59,75	64,22	98,55
Alumine	28,19	19,50	1,25
Oxyde de fer	1,87	0,20	0,13
Chaux	0,50	0,15	»
Magnésie	0,15	0,42	»
Alcalis	1,00	15,11	»
Perte au rouge	8,57	0,40	0,12

Nous allons d'abord transformer le sesquioxyde de fer en sesquioxyde d'aluminium et les monoxydes en quantités équivalentes d'alcalis (potasse). Ceci nous donnera

	Pâte.	Kaolin.	Feldspath.	Quartz.
SiO^2	66,6	59,75	64,22	98,55
Al^2O^3	28,4	29,38	19,62	1,34
K^2O	4,4	4,27	16,05	»

Il suffit maintenant de résoudre un système de trois équations à trois inconnues. Nous appellerons x, y, z les quantités à prendre de kaolin, feldspath et quartz et nous écrirons les équations de la silice, de l'alumine et des alcalis :

$$59,75\,x + 64,22\,y + 98,55\,z = 66,60$$
$$29,38\,x + 19,62\,y + 1,34\,z = 28,40$$
$$4,27\,x + 16,05\,y = 4,4$$

§ 2. — Calcul d'une pate dont la composition est donnée par une formule.

Rien ne s'oppose à ce que l'on représente une pâte vitrifiée, comme la porcelaine, par une formule. Cet ensemble de silicates peut être représenté par un symbolisme analogue à celui des verres. Cette manière d'écrire est particulièrement commode, il y a avantage pour la comparaison des pâtes à les mettre sous cette forme; pour le calcul cette façon de les représenter est très pratique.

Prenons, comme exemple, une pâte alcalino-calcaire telle que la suivante :

$$8{,}02\,SiO^2 . 2{,}82\,Al^2O^3 . 0{,}66\,CaO . 0{,}34\,K^2O.$$

Les matériaux sont du kaolin, du feldspath, de la craie et du quartz; ils répondent aux formules

$$2\,SiO^2 . Al^2O^3 . 2\,H^2O,$$
$$6\,SiO^2 . Al^2O^3 . K^2O,$$
$$CaCO^3,$$
$$SiO^2.$$

Ces minéraux devront toujours être mis en formule, ce qui est facile quand on connaît leur composition.

Nous devrons prendre les quantités suivantes des corps; quantités exprimées en *molécules*.

raie.....	$0{,}66\,CaCO^3$	correspondant à	$0{,}66\,CaO$
eldspath.	$0{,}34(6\,SiO^2.Al^2O^3.\ K^2O)$	corres. à	$2{,}04\,SiO^2 . 0{,}34\,Al^2O^3 . 0{,}34\,K^2O$
aolin....	$2{,}48(2\,SiO^2.Al^2O^3.2\,H^2O)$	»	$5{,}96\,SiO^2 . 2{,}48\,Al^2O^3$
uartz....	$1{,}02\ SiO^2$	correspondant à	$1{,}02\,SiO^2$
			$8{,}02\,SiO^2 . 2{,}82\,Al^2O^3 . 0{,}34\,K^2O . 0{,}66\,CaO$

Le total donne bien la composition désirée.

Il ne reste plus qu'à exprimer le résultat pondéralement, ce qui est facile au moyen des poids moléculaires.

§ 3. — Calcul du dosage des matériaux d'une pate dans le cas ou le mélange se fait par voie humide.

La composition de la pâte étant donnée en barbotine nous pouvons nous proposer de chercher sa composition en poids.

Argile plastique...........	$27{,}5^{cm}$	de densité	1,364
Kaolin....................	18,5	»	1,424
Silex.....................	2,5	»	1,751
Cornish-stone.............	18,5	»	1,751

Ceci représentant les hauteurs à verser dans une cuve cylindrique.

Les déterminations que nous avons indiquées dans la préparation des pâtes vont pouvoir nous servir ici. Dans le cas où on ne les posséderait pas, il faudrait faire un calcul qui nécessiterait la connaissance de la densité de toutes ces matières à l'état solide. Nous avons donné un exemple de ce calcul.

Soient P le poids du litre de barbotine et p le poids de matière sèche. Le poids de l'eau sera exprimé par le nombre qui représente son volume. Cette dernière quantité est la différence entre le volume total 1^l et le volume du corps $\frac{p}{d}$, d étant sa densité. On écrira

$$P = p + 1000 - \frac{p}{d} = p\left(1 - \frac{1}{d}\right) + 1000,$$

$$p = (P - 1000)\frac{d}{d-1}.$$

On trouve ainsi :

Argile.............	299,3	par litre
Kaolin.............	489,2	»
Silex..............	997,8	»
Cornish-stone......	947,2	»

Le mélange se faisant dans un vase de base constante, les volumes et, par suite, les poids introduits sont dans le rapport des hauteurs.

Les matières sont introduites dans les rapports des nombres :

Argile.......	$299,3 \times 27,5 = 8231$
Kaolin.......	$489,2 \times 18,5 = 9218$
Silex.........	$997,8 \times 2,5 = 2494$
Cornish-stone.	$947,2 \times 18,5 = 17525$

Ce qui donne comme composition centésimale :

Argile......................	21,97
Kaolin......................	24,60
Silex.......................	46,77
Cornish-stone...............	6,66

Le problème inverse peut se présenter, mais il est plus simple à traiter. Soit, par exemple, à composer la pâte suivante :

Argile	22
Kaolin	25
Silex	45
Cornish-stone	8

Il suffit de rechercher la teneur en matière sèche des diverses barbotines par les méthodes indiquées si elle n'est pas connue.

Supposons qu'elles renferment par litre :

Argile	340g
Kaolin	400
Silex	800
Cornish-stone	900

Les volumes à prendre seront :

Argile	$\frac{1000}{340} \times 22 = 64,70$
Kaolin	$\frac{1000}{400} \times 25 = 62,50$
Silex	$\frac{1000}{800} \times 45 = 56,25$
Cornish-stone	$\frac{1000}{900} \times 8 = 8,88$

Les hauteurs à verser dans le mélangeur devront être dans le rapport des volumes.

En Angleterre, où les mesures sont différentes, on indique, comme nous l'avons dit souvent, la composition de la pâte en barbotines. Si l'on désire faire la transformation en matières sèches, le calcul s'effectue facilement.

Voici une formule anglaise :

15	inches	d'argile plastique	pesant	24	onces	à la	pinte
9	»	de kaolin	»	26	»		»
6	»	de silex	»	32	»		»
4	»	de cornish-stone	»	32	»		»

Les manufacturiers ont déterminé les diviseurs convenables

pour effectuer la transformation et l'opération se fait très rapidement.

Il suffit de diviser par 3 et 2 les deux premiers nombres et de laisser les deux derniers tels quels.

Une semblable formule devient :

Argile plastique	5
Kaolin	4,5
Silex	6
Cornish-stone	4

Si l'on veut résoudre le problème inverse et transformer la formule pondérale en formule en barbotine, on fera le calcul en tenant compte de l'eau que renferment les barbotines.

L'argile plastique renferme 18 pour 100, le kaolin 12,5 pour 100 et les autres barbotines 3 et 4 pour 100 d'eau.

On écrira alors, x, y, z, w représentant les poids des barbotines,

5	d'argile plastique valent	$x - \frac{18}{100} x$
4,5	de kaolin valent	$y - \frac{12,5}{100} y$
6	de silex valent	$z - \frac{3}{100} z$
4	de cornish-stone valent	$w - \frac{4}{100} w$

Il n'y a plus qu'à résoudre les équations

$$x - \frac{18}{100} x = 5, \qquad x = 6,1;$$

$$y - \frac{12,5}{100} y = 4,5, \qquad y = 5,14;$$

$$z - \frac{3}{100} z = 6, \qquad z = 6,09;$$

$$w - \frac{4}{100} w = 4, \qquad w = 4,16.$$

Si les barbotines sont à d'autres titres que celles que l'on emploie d'habitude, on peut toujours les ramener par le calcul à des barbotines de composition courante et appliquer le calcul ci-dessus.

III. — TRAVAIL PRÉLIMINAIRE DES PATES.

Une fois composées les pâtes ne sont pas dans l'état voulu pour le façonnage. Celles qui sont préparées avec des matières simplement humidifiées possèdent bien de la plasticité, mais elles manquent d'homogénéité physique. Il est nécessaire de faire subir à la masse le *malaxage,* c'est-à-dire une sorte de pétrissage, qui a pour but de donner à toutes les parties une égale plasticité. Les pâtes qui sont faites au moyen de barbotines ne sont pas dans l'état voulu pour le malaxage, elles renferment un grand excès d'eau; il faut d'abord les débarrasser de ce surplus de liquide.

§ 1. — Raffermissement.

Pour raffermir les pâtes on emploie le filtre-presse. Avant l'invention de cet appareil on avait recours à des procédés longs et coûteux que l'on a maintenant abandonnés presque partout.

La première idée de raffermissement des pâtes par filtration appartient à M. Alluaud. Son appareil, que je rappelle ici pour mémoire, comprenait une plaque percée, recouverte d'un drap de molleton, faisant office de filtre et sur laquelle on envoyait la barbotine.

La plaque fermait un entonnoir dont la douille était reliée à un aspirateur.

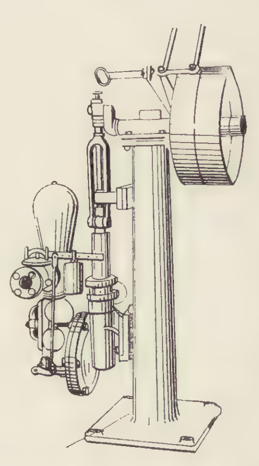
Le filtre-presse fonctionne par pression et donne un bon débit.

Filtre-presse. — Considérons un sac de toile, plat, maintenu entre deux châssis de bois ou de métal. Si l'on fait arriver dans ce sac un courant de barbotine, l'eau va traverser les mailles du tissu et laisser sur la paroi une couche de mélange argileux encore imprégné d'eau. Le filtre-presse est complété par une pompe aspirante et foulante qui injecte le liquide dans l'instrument.

Les châssis sont rectangulaires ou carrés, quelquefois arrondis,

en bois ou en fonte. Ils se joignent par leur pourtour, tout en laissant entre eux une cavité dans laquelle se trouve la toile faisant office de sac. On a ménagé à la partie inférieure un petit orifice et l'on a creusé des cannelures verticales dans les parois des châssis en contact avec la toile. On associe plusieurs de ces cadres, ce qui forme une série de compartiments, chaque châssis

Fig. 31.



étant utilisé sur ses deux faces, sauf le premier et le dernier. Un canal central qui perce les châssis vient amener le liquide. Ce conduit est formé par un tube de métal reliant chaque compartiment avec le suivant. Le filtre est formé par deux toiles ou

Fig. 32.

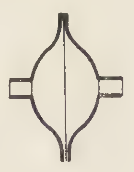
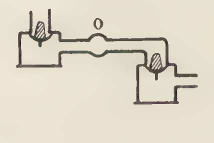


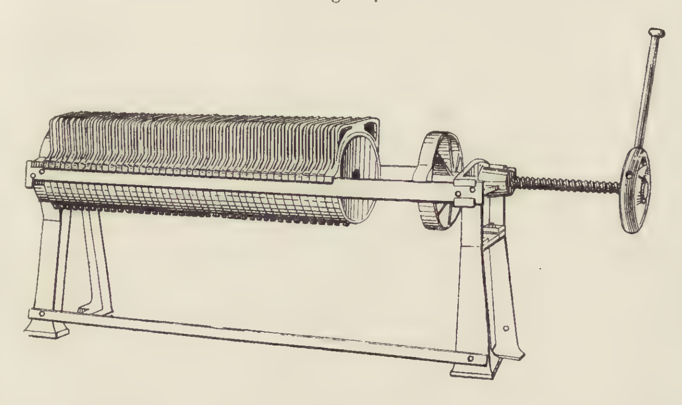
Fig. 33.



une toile pliée, percées d'un orifice central dans lequel on introduit le tube métallique. On pose les châssis sur deux tiges formant support, on les pose les uns à côté des autres et on les serre au moyen d'une vis.

Dans les anciens modèles la construction est un peu différente. Chaque compartiment est isolé. Il reçoit la barbotine par la partie supérieure et se trouve en relation avec le conduit qui amène le liquide. Dans ce système il fallait autant de tubes de

Fig. 34.



communications reliant la presse à la conduite générale qu'il y avait de compartiments.

Les toiles qui servent à garnir les filtres-presses reçoivent une préparation spéciale qui augmente leur durée.

La pompe qui alimente le filtre est une pompe à membrane. Les soupapes sont de diverses formes : tantôt on emploie des clapets, tantôt des boulets; l'instrument a reçu du reste des dispositions variant avec les constructeurs.

Les figures 31, 32, 33 et 34 représentent la pompe, le détail de la membrane et des clapets (O indiquant le tube relié à la pompe), puis la disposition des châssis.

Il est préférable de se servir d'une pompe indépendante; on peut avec un robinet à trois voies faire servir la pompe pour deux filtres. Elle comprime l'un pendant que l'on vide et regarnit l'autre.

La marche du filtre est contrôlée par un manomètre.

La vitesse de filtration varie naturellement avec l'état physique de la pâte, elle augmente avec la pression. Les argiles plastiques sont les plus difficiles à presser; la durée de l'opéra-

tion sera donc d'autant plus longue que la pâte sera riche en argile plastique.

Il n'y a pas d'avantage à se servir de plateaux trop creux. Le dépôt qui se forme retarde la filtration et l'empêche totalement s'il a une épaisseur suffisante. Les galettes de pâte ont une épaisseur voisine de 20^{mm}.

On donne d'abord la pression de 1^{kg} à 4^{kg}, puis on augmente la pression jusqu'à 7^{kg}.

Les filtres employés par les porcelainiers du Berry ont en moyenne 51 plateaux donnant 50 galettes de 5^{kg}, soit 250^{kg}. La pressée dure de 35 à 40 minutes.

On peut se servir de filtres plus puissants; j'ai eu l'occasion de voir un filtre à 85 châssis produisant 2300^{kg} de pâte.

Les pâtes à faïence demandent une pressée plus longue que les pâtes précédentes.

L'usage du filtre-presse n'est pas borné au raffermissement des pâtes. Dans la préparation des kaolins, il est employé après lavage pour chasser l'excès d'eau.

§ 2. — Malaxage.

Le malaxage a pour but de donner à la pâte l'homogénéité physique qui lui manque. Même préparée par voie humide, la masse a encore besoin de subir ce travail; il y a eu des portions plus ou moins pressées, dans le filtre, qui seront forcément inégalement résistantes et humides.

Autrefois on procédait au *marchage* de la pâte. On faisait un tas et un ouvrier marchait du sommet à la base en décrivant une spirale, puis revenait au centre. Actuellement ce procédé n'est employé qu'exceptionnellement et dans des fabriques primitives; on a recours à des appareils donnant plus de débit et de régularité.

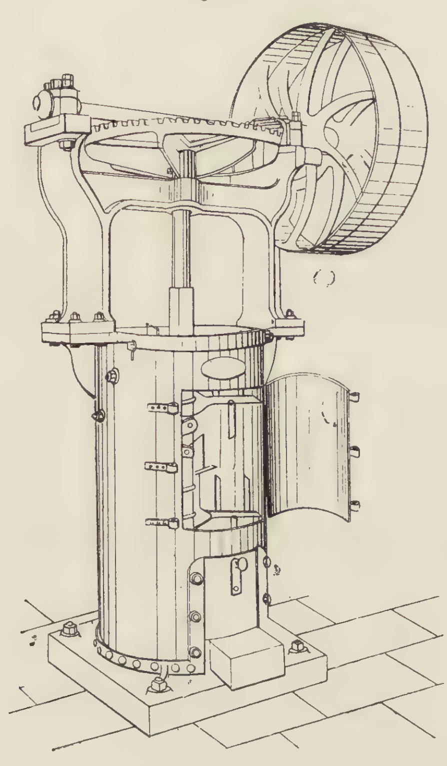
Les laminoirs dont nous avons parlé à propos du travail des argiles sont utilisés dans les machines à briques pour écraser la pâte. Avec une série de cylindres lamineurs de plus en plus rapprochés on arrive à communiquer à la pâte une homogénéité suffisante.

Les malaxeurs proprement dits ont une construction différente. Ils sont formés ordinairement d'un cylindre dans lequel se meut un arbre, garni de palettes. L'appareil est disposé verticalement ou horizontalement.

Dans le premier type, la pâte est jetée par la partie supé-



Fig. 35.



rieure, laissée ouverte, elle rencontre des bras qui l'arrachent, la déchirent et l'entraînent au fond du cylindre. Une porte placée en bas permet l'écoulement de la pâte; en ne donnant pas à l'ouverture des dimensions trop grandes, il se produit une certaine pression à la sortie et la pâte est évacuée sous forme de prisme. Pour faciliter l'écoulement de la masse, on dispose les palettes en hélices.

La dépense et la production de ces appareils sont liées à la

nature de la pâte. Il est plus économique de se servir des grands modèles que des petits. On donne aux malaxeurs verticaux un diamètre variant de $0^m,50$ à 1^m et une hauteur allant de 1^m à 2^m.

Les malaxeurs horizontaux sont construits de même; leur axe est traversé par un arbre mobile muni de palettes. L'introduction de la pâte se fait par une ouverture, ménagée à une extrémité à la partie supérieure. L'expulsion de la pâte se fait par une ouverture latérale; cette disposition est nécessitée par l'axe qui traverse le cylindre de part en part.

Pour éviter la rotation de la masse dans le cylindre sans coupage ni arrachement, on ménage, sur la paroi interne, des contrepalettes qui contrarient la marche de la pâte et empêchent sa rotation.

Dans quelques modèles, au lieu d'un arbre à palettes, on se sert d'une vis pour produire la poussée de la pâte.

Comme on le conçoit, ces malaxeurs se rencontrent sous un grand nombre de modèles. Les différences ne portent que sur des détails peu importants, les organes essentiels sont toujours les mêmes.

Les porcelainiers, surtout les porcelainiers français, font usage d'une machine différente, dite *marcheuse de pâte*. Elle se compose de deux troncs de cône en zinc à surface cannelée, enfilés sur un axe horizontal, calé en son milieu sur un axe principal de rotation installé verticalement. Au-dessous des troncs de cône se trouve une table en zinc sur laquelle on jette la pâte. Une fois le système mis en rotation les troncs de cône viennent rouler sur la masse et l'écraser; on a soin de les disposer, comme l'indique la figure, de manière telle que la pâte subisse deux écrasages en deux sens différents. Derrière chaque tronc de cône se trouvent deux cylindres verticaux mobiles autour de leur axe et suspendus à un axe horizontal relié à l'axe principal. L'écartement de ces deux cylindres est inférieur à la largeur de la bande de pâte écrasée; aussi le rôle de ces deux pièces est-il de relever la pâte en la resserrant. La pâte subit donc un écrasement de haut en bas, puis une pression latérale, un second écrasement de haut en bas (mais avec un tronc de cône disposé

à l'envers du premier), puis une seconde pression latérale pendant une révolution de la machine.

Les résultats de ce malaxage sont très satisfaisants. On compte

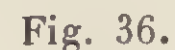
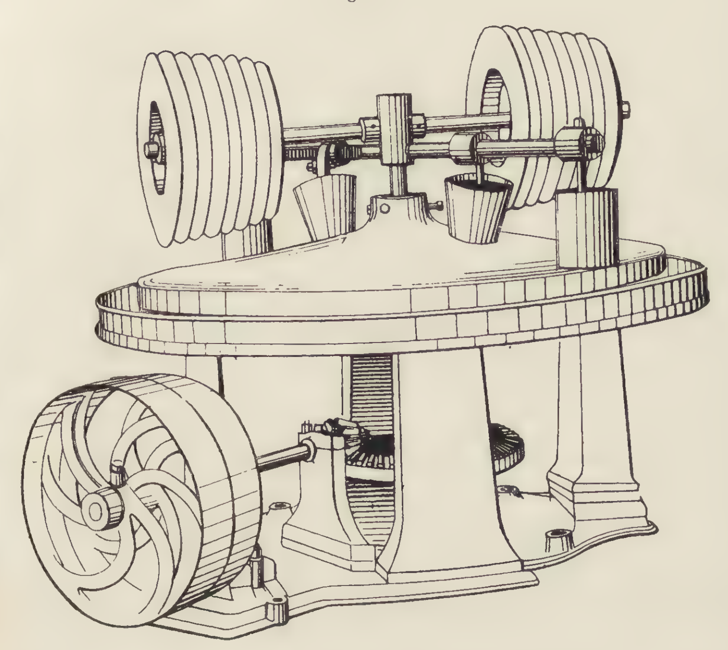


Fig. 36.



ordinairement 20 minutes pour une marche de pâte portant sur 200^{kg}.

La pâte malaxée est coupée en *ballons*. Pour le façonnage de la poterie, ces ballons sont divisés en masses ou *balles* de grosseurs différentes, suivant les objets à façonner.

La pâte subit encore souvent, avant le façonnage, un coupage et un battage. Elle ne doit pas renfermer de bulles d'air (vents).

§ 3. — Pourriture des pates.

Abandonnées au repos, les pâtes sont le siège de réactions chimiques. Quand elles renferment des composés ferrugineux et des matières organiques on a constaté le dégagement d'acide

sulfhydrique et le noircissement de la masse par suite de la formation soit de sulfure de fer soit de charbon divisé. Ces corps sont oxydés à leur tour, puis la pâte blanchit. On admet que ces réactions, qui ont fait donner au phénomène le nom de *pourriture,* ont un effet salutaire sur la masse; les dégagements gazeux amènent, croit-on, un travail interne analogue au malaxage. L'action seule de l'eau peut exercer son influence; le liquide cause peut-être la division des particules argileuses et augmente par conséquent la plasticité. Dans le domaine des hypothèses on peut aller très loin.

On a raconté des choses bien peu vraisemblables, à ce sujet. Par exemple, les Chinois auraient laissé leurs pâtes reposer pendant un siècle. Les documents rapportés par Scherzer ne mentionnent pas que les Chinois aient l'habitude de mettre en pratique dans leur fabrication le pourrissage des pâtes. Il semble en outre peu admissible que des fabricants aient entrepris des expériences dont la réalisation exigerait plusieurs générations.

CHAPITRE VI.

FAÇONNAGE.

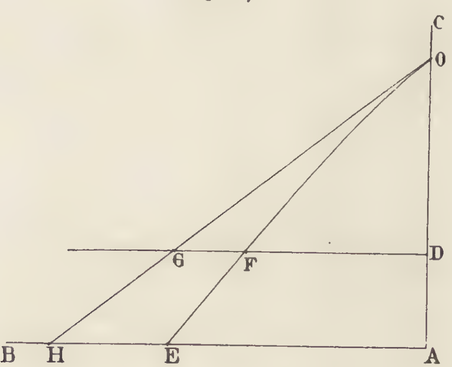
Avant de décrire les différents procédés de façonnage nous ferons remarquer que, pour réaliser une copie d'un modèle de dimensions données, il est nécessaire de connaître quelques renseignements préliminaires.

Par suite du retrait de la pâte, une copie d'un objet pris comme type sera plus petite que l'original, si la copie a les mêmes dimensions que lui. Il est donc nécessaire de tenir compte, dans le façonnage, de la diminution de grandeur des pièces après dessiccation et cuisson. Il faut construire alors un modèle qui puisse servir à contrôler la fabrication et qui soit de dimensions telles que les pièces crues, de même grandeur que lui, aient après cuisson les proportions désirées.

Quand le retrait est connu, il est facile, au moyen d'une construction graphique simple, de déterminer les dimensions à donner au modèle destiné à établir la fabrication d'un objet de grandeur donnée. Par exemple, prenons un point A sur une ligne droite horizontale, élevons en ce point une perpendiculaire AC et menons par un point D de cette nouvelle droite une parallèle à AB. Portons maintenant sur AB une longueur AE, représentant la hauteur d'un cylindre de pâte *crue,* et une longueur DF, figurant la hauteur du même cylindre de pâte, mais cuit. La ligne EF prolongée coupe AC en O. De O toute sécante, comme on le sait, déterminera sur les parallèles AB, DF des segments proportionnels aux longueurs AE et AF. Si l'on veut connaître maintenant la hauteur à donner en cru à un objet devant avoir une hauteur déterminée h, une fois cuit, il suffit de porter sur

AD, DG $= h$ et de joindre GO. Le point H, obtenu sur AB en prolongeant OG, détermine un segment AH donnant la longueur convenable.

Fig. 37.



Comme le retrait dans le sens vertical se trouve supérieur au retrait dans le sens horizontal, on devra tenir compte de ce fait et faire deux séries de déterminations. Avec un cylindre dont on mesure, avant et après cuisson, la hauteur et le diamètre, on obtient aisément la valeur du retrait dans ces deux directions.

Les propriétés des sécantes, des triangles semblables, des faisceaux anharmoniques permettent de trouver d'autres solutions graphiques sur lesquelles nous n'insisterons pas.

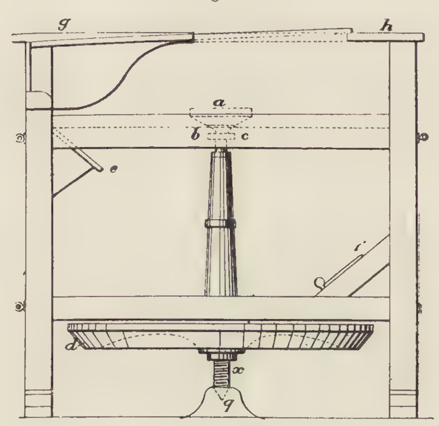
On peut aussi calculer les dimensions naturellement. La détermination du retrait devient plus compliquée quand il s'agit d'une forme présentant des courbures. Il faut alors se faire une idée de la déformation de la courbe en prenant les tangentes en certains points et en examinant les points d'inflexion. Ce résultat ne s'obtient qu'à la suite d'essais.

Pour donner à une pâte la forme désirée on a recours à divers procédés que nous allons successivement examiner : le tournage, le moulage, le calibrage, le modelage au colombin, le pressage, le passage à la filière et le coulage.

I. — TOURNAGE.

Le tour à potier est un appareil très ancien, son invention remonte extrêmement loin, car on le trouve représenté sur les peintures de Thèbes. Il se compose essentiellement d'un axe vertical reposant dans une crapaudine et terminé par un plateau *a* nommé *girelle*. Quand le tour est mû au pied, à la partie

Fig. 38.

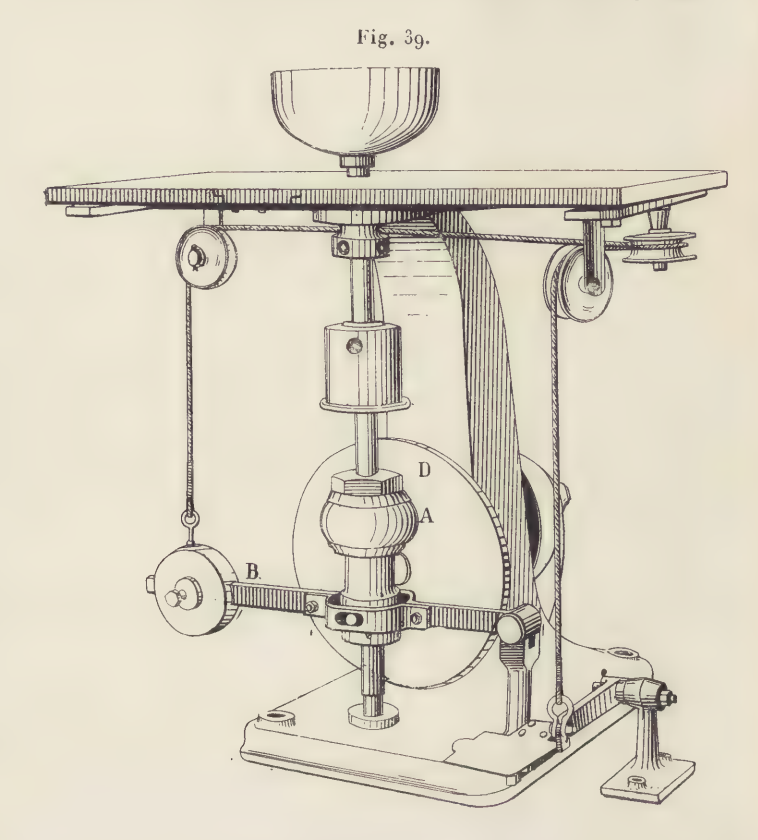


inférieure se trouve un plateau circulaire *d*, concentrique avec l'axe, sur lequel l'ouvrier appuie son pied pour communiquer le mouvement. Ce plateau est lourd; il sert de volant et permet au tour, une fois lancé, de garder sa rotation tout en subissant des résistances dues aux frottements exercés sur la pâte. Quelquefois le plateau a été remplacé par une roue. Dans d'autres modèles la transmission du mouvement s'effectue par l'intermédiaire d'une manivelle, actionnée par le pied de l'ouvrier. Parfois le tour met à contribution un manœuvre; dans ce cas une poulie à gorge, fixée sur l'axe, reçoit une corde sans fin enroulée sur une roue de grand diamètre que fait tourner un apprenti. Quelques tours reçoivent aussi le mouvement par le moyen d'un engrenage. Le tour proprement dit est entouré d'un bâti en bois faisant office de support. L'axe est maintenu à sa

partie supérieure par un collier vissé au bâtis; la crapaudine dans laquelle il repose est également solidaire du support. On donne à ce bâti un aménagement convenable pour qu'il puisse servir de siège et de table au tourneur.

Le modèle de tour ordinairement employé est celui que nous représentons, c'est le type que nous avons décrit le premier.

Fig. 39.



Actuellement dans beaucoup d'usines les tours sont mus mécaniquement. Les dispositifs imaginés pour les actionner sont très nombreux : voici quelques-uns des plus employés. Il est commode pour la pratique du tournage que l'ouvrier puisse, à sa volonté, accélérer ou ralentir le mouvement de rotation. On peut arriver à ce résultat par divers artifices. Supposons, par

exemple, que l'axe du tour soit garni d'une pièce cylindrique ou sphérique concentrique et pouvant se déplacer verticalement sur l'axe. Si l'on vient à appuyer cette pièce sur un plateau circulaire tournant dans un plan vertical, dès qu'il y aura frottement l'axe sera entraîné et tournera avec une vitesse d'autant plus grande que le plateau sera animé d'un mouvement plus rapide. Dans le modèle, construit par M. Faure, l'axe traverse une pièce A venant frotter sur un plateau D qui reçoit un mouvement de rotation. Le contrepoids B que l'on voit à gauche tend à abaisser la pièce A vers le centre du plateau et, par suite, à ralentir la vitesse de l'axe. En posant le pied sur la pédale C, l'ouvrier relève ce contrepoids, par le moyen des fils auxquels il est relié, et fait monter D qui, rencontrant des parties du plateau tournant avec des vitesses de plus en plus grandes, tend à imprimer à l'axe un mouvement de rotation de vitesse croissante.

Le tour mécanique à friction a été construit sous d'autres

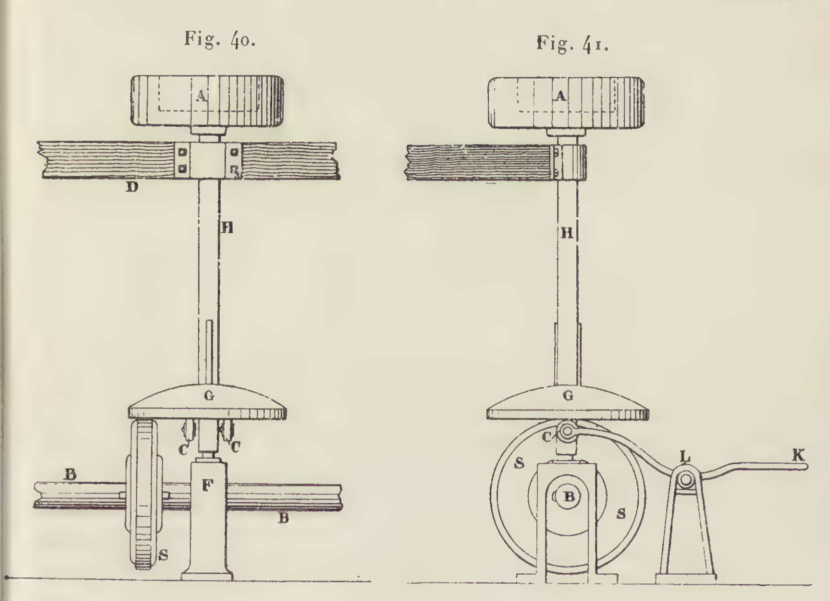


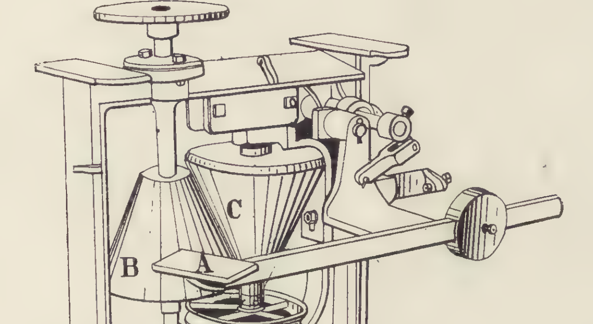
Fig. 40. Fig. 41.

formes; ainsi on peut renverser la disposition précédente. L'axe du tour porte à sa partie inférieure un plateau G qui frotte sur

une pièce S tournant d'un axe horizontal, passant au-dessous du plan du plateau. Le tour Maling que nous représentons (*fig.* 41 et 42) est un appareil de ce genre. Si la pièce qui vient frotter sur le plateau se déplace sur son axe de rotation, elle vient entraîner le plateau à des distances différentes du centre et alors communique des vitesses diverses. Ce dispositif a été adopté à Sèvres lorsque l'on a transformé les tours mus au pied en tours actionnés mécaniquement.

Dans le tour à cônes de Boulton le principe est différent. L'axe du tour traverse un tronc de cône B avec lequel il fait corps. En face de ce tronc de cône on a disposé un solide de

Fig. 42.



forme presque analogue C mais placé d'une manière inverse : la grande base est en l'air. La section par l'axe de ce solide ne donne pas une figure rectiligne, les bases seules du trapèze ainsi formé sont des lignes droites; les côtés sont curvilignes. Si l'on amène ce solide C au contact du tronc de cône, l'adhérence n'aura lieu que sur une petite portion. Vient-on à animer ce solide d'un mouvement de rotation autour de son axe, aus-

sitôt il entraîne le tronc de cône, contre lequel il frotte, et par suite le tour. Le second tronc de cône étant monté sur un axe maintenu par les deux extrémités d'une pièce mobile, il suffit de déterminer un mouvement d'inclinaison pour faire changer la zone de friction et, par suite, la vitesse. A l'état initial, la grande base du tronc de cône frotte contre la petite base du tronc de cône moteur; l'appareil est donc disposé pour la plus petite vitesse. En appuyant sur la pédale A on fait basculer le système; la zone de friction s'élève et va jusqu'au contact de la petite base du solide B avec la grande du solide C. A ce moment la vitesse est maxima.

Il n'est pas toujours nécessaire d'employer un tour à vitesse variable. Dans le calibrage nous verrons que les appareils sont réglés comme vitesse et que les seules manœuvres que subissent les tours sont l'embrayage et le débrayage. On peut atteindre ce résultat de différentes manières, soit en faisant passer une courroie d'une poulie folle sur la poulie du tour et réciproquement, soit par l'introduction d'une pièce mobile déterminant l'adhérence de l'axe du tour avec une pièce en mouvement pouvant lui imprimer une rotation autour de son axe. Quand les tours n'ont à supporter qu'un faible effort il est facile de les entraîner au moyen d'une corde sans fin. L'axe du tour porte une poulie à gorge; en face se trouve une corde sans fin en mouvement, reposant sur une poulie mobile. Pour produire la rotation il suffit d'amener cette corde en contact avec la poulie du tour, en déplaçant la poulie mobile; pour déterminer l'arrêt il n'y a qu'à ramener la poulie à sa position initiale.

Pour façonner au tour, l'ouvrier prend une masse de pâte et la place sur un rondeau qu'il a eu le soin de bien centrer sur la girelle. Le rondeau a été au préalable mouillé, puis frotté sur les bords avec de la barbotine; dans ces conditions, il adhère suffisamment à la girelle. Pendant la rotation l'ouvrier appuie sur la pâte avec ses mains et la fait monter et descendre, en ayant soin d'exercer tout le temps une pression régulière. C'est seulement quand il a ramassé la masse en une grosse lentille qu'il la perce avec ses deux pouces. En serrant la pâte avec ses doigts il la fait monter. Avec l'aide d'une pression modérée il arrive à donner

à la pâte une forme grossière dans laquelle il devra pouvoir débiter la pièce définitive; c'est l'*ébauche*.

L'ébauchage est délicat à bien mener; si l'ouvrier n'appuie pas régulièrement sur la pâte, il creuse des sillons plus ou moins sensibles qui se développent en spirales sur la surface, comme le pas d'une vis. De là le nom de *vissage* donné à cet accident. Le vissage, en outre de son aspect désagréable, communique à la pâte une structure irrégulière, puisque ses différentes parties ont été inégalement pressées; les pièces vissées sont perdues.

L'accord entre la vitesse de rotation du tour et la vitesse d'ascension des mains de l'ouvrier a son importance. Le mouvement résultant est une spirale dont les spires doivent être aussi voisines que possible.

Les pâtes très plastiques sont plus difficiles à ébaucher que les pâtes ordinaires. Les premières sont plus délicates que les secondes, aussi laissent-elles voir à la dessiccation et à la cuisson les inégalités de pression qu'elles ont pu subir.

Dans la poterie commune, on parvient à la forme cherchée par une simple ébauche. L'ouvrier s'aide d'un indicateur pour arriver à la forme voulue et à l'égalité des pièces. Cet indicateur peut être fait très simplement : un morceau de bois fixé horizontalement à un support vertical lui indiquera la hauteur de la pièce, un autre morceau de bois lui donnera le diamètre intérieur ou la profondeur.

Les tourneurs opèrent quelquefois d'une manière un peu différente de celle que nous venons d'indiquer. Ils prennent non plus une balle, mais une grosse masse de terre ou *paston*. Ainsi, pour faire les petits creusets, le tourneur ébauche le creuset sur le sommet du paston, amené à forme conique. Une fois le façonnage terminé, il sépare le creuset du paston à l'aide d'un fil passé horizontalement. Avec un même paston on fabrique ainsi un très grand nombre de petites pièces.

Dans la confection de la porcelaine, de la faïence, on ne peut procéder aussi simplement. On fera d'abord une ébauche, comme nous l'avons dit, et, plus tard, quand la masse aura pris plus de consistance, par suite d'un commencement de dessiccation, on viendra tourner la pâte et donner la forme définitive.

Pour arriver à donner à la pièce le profil intérieur convenable, on se sert d'un *estèque*. L'estèque est une plaque de métal ou d'ardoise représentant ce profil et que l'ouvrier introduit à l'intérieur du creux qu'il ébauche.

L'estèque se tient de la main gauche et c'est avec la main droite que l'on oblige la pâte à prendre intérieurement le profil.

Au lieu de tenir l'estèque à la main, on peut s'aider d'un support fixe et ébaucher à la bascule.

L'ébauchage au tour n'est plus guère employé que dans les petites fabriques. Le travail mécanique donne des résultats plus avantageux. Les tourneurs étaient arrivés pourtant à une production considérable. L'ébauche d'une soupière dure à peine 4 minutes.

Il est entendu que, pour produire un travail aussi rapide, l'ouvrier tourneur est servi par un gamin qui lui apporte ses ballons de pâte et le débarrasse des pièces ébauchées qu'il porte au séchoir.

Dans les grandes fabriques on ne rencontre plus de tourneurs que pour l'exécution de pièces de fantaisie, et encore leur nombre est-il des plus réduits. Un seul tourneur suffit quelquefois pour alimenter toute une usine.

Pour certaines pièces, on ébauche deux parties que l'on rassemble ensuite.

Le tournassage vient compléter l'ébauche. Il s'effectue sur le tour en employant des outils dits *tournassins*. Généralement on opère sur un tour à axe horizontal dit *tour anglais* ou *tour en l'air*. Les pièces sont emmandrinées et tournées. L'appareil ne présente pas de différences bien essentielles avec le tour ordinaire à bois ou à métaux.

D'après Lambert [1] il semblerait que c'est en Angleterre que l'on a commencé à utiliser les tours à tournasser mus mécaniquement. Il cite un appareil de ce genre mû par un dispositif analogue à celui que Faure a employé dans le tour que nous avons décrit prcédemment, seulement le rouleau qui frotte sur le plateau, au lieu de tourner dans un plan horizontal, est ici

---

(1) *Loc. cit*, p. 88.

placé verticalement. Ce rouleau est déplaçable naturellement; un levier à pédale permet à l'ouvrier de faire varier sa position sur l'axe et, par suite, la vitesse de rotation.

Dans un autre modèle on a conservé le dispositif adopté pour le tour ordinaire, seulement à la place de la girelle se trouve une poulie horizontale qui, par le moyen d'une courroie croisée, communique le mouvement à une poulie verticale commandant l'axe du tour anglais.

II. — MODELAGE AU COLOMBIN.

Chez certains peuples où le tour était inconnu on a fabriqué les pièces en travaillant comme les modeleurs. L'ouvrier se sert de terre amenée au préalable à l'état de colombins. Les colombins sont posés les uns à côté des autres, puis réunis à la main. On élève progressivement les parois, une fois le fond établi, en appliquant des couches successives.

Ce procédé, assez général chez les peuplades d'Afrique et d'Amérique, se retrouve dans certaines régions et de nos jours il est encore employé pour confectionner de grands objets.

Les cuves de grès servant à la galvanoplastie sont façonnées par ce procédé, certaines grandes pièces utilisées dans la fabrication des acides sont également faites au colombin.

La réussite de ce genre de travail demande une habileté spéciale, car tout manque d'homogénéité ou tout défaut d'assemblage expose à une rupture.

III. — MOULAGE.

Ce genre de façonnage nécessite un moule qui sert d'appui à la pâte et sur lequel cette dernière prend sa forme. La reproduction d'un objet par moulage nécessite donc la fabrication d'un moule.

§ 1.

Les moules sont faits avec une substance absorbante; c'est au plâtre que l'on s'adresse le plus souvent; autrefois on s'est servi de moules de terre cuite. Les Chinois, les Japonais qui ne

connaissaient pas le plâtre ont employé jusqu'à nos jours les moules en terre cuite; il est probable que maintenant l'emploi du plâtre se généralise dans leur pays. On doit choisir du plâtre de bonne qualité, complètement cuit. Pour que le moule soit bien absorbant il faut gâcher le plâtre suffisamment clair pour qu'au moment de sa solidification il ne prenne pas une texture trop serrée, texture mauvaise pour la rapide absorption de l'eau de la pâte.

Voici à ce propos différentes manières de gâcher :

	Plâtre.	Eau.
Dur	63	37
Ordinaire	58	42
Tendre	50	50
Noyé	46	54

Ces différentes sortes de plâtre s'emploient suivant la dureté que doivent présenter les moules. Pour le cas qui nous occupe c'est au plâtre tendre que nous nous adresserons.

§ 2. — Essai du plâtre.

Voici, d'après le laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung*, les essais (¹) à faire subir au plâtre :

1. Teneur en eau. — On commence par maintenir dans une étuve à 100°-110° un poids déterminé, environ 5^g, de plâtre placé dans un creuset. Ensuite, au bout d'une heure, on élève la température en portant le creuset sur un bec Bunsen, et l'on chauffe jusqu'à constance de poids.

2. Poids du litre. — On tamise d'abord le plâtre dans un tamis de 10^{cm} de diamètre et de 200 mailles au centimètre carré. On remplit de la poudre une mesure de 1^l jusqu'au bord. On pèse après tarage de la mesure; on a ainsi le poids de 1^l de plâtre à l'état ordinaire.

(¹) *Tonindustrie Zeitung*, n° 50, 1901, p. 778.

On recommence ensuite l'opération pour connaître le poids de 1^l de plâtre tassé. On verse le plâtre dans la mesure, qui doit être résistante, par petites quantités (le contenu de 3 cuillères) et on le tasse avec un morceau de bois. Quand le vase est plein, on racle l'excédent et l'on porte à la balance. On ajoute encore un peu de plâtre que l'on tasse, puis on enlève le plâtre en surplus et l'on pèse de nouveau. Il ne doit pas y avoir, entre deux pesées, un écart de plus de 1^g. S'il se produit une différence plus considérable, c'est que le plâtre est mal serré et l'on doit le tasser à nouveau.

3. **Finesse.** — On se rend compte de la finesse d'après le résidu que laissent les tamis. On commence au tamis 60 et l'on va jusqu'au n° 900.

4. **Pouvoir hydraulique.** — On cherche quelle quantité d'eau il faut ajouter à 1^{kg} de plâtre pour en faire une bouillie facile à couler. On se sert pour cela de la moitié d'un ballon de caoutchouc de 14^{cm} de diamètre.

On pose cette capsule de caoutchouc sur un anneau, pour la maintenir et on la tare à la balance. On verse ensuite 150^g d'eau à 15°. On fait couler ensuite du plâtre, passant au tamis 20, dans la capsule, jusqu'à ce que l'on n'aperçoive plus la moindre trace de liquide formant miroir. On pèse la capsule à ce moment. L'augmentation de poids indique le poids de plâtre ajouté. En divisant par 150 000 ce nombre, on a le poids d'eau nécessaire pour 1^{kg} de plâtre.

5. **Temps de prise.** — Le commencement de la prise du plâtre est indiqué par une élévation de température. On considère la prise comme terminée quand la température a atteint son maximum. On opère dans une capsule de caoutchouc, comme précédemment. A 150^g d'eau on ajoute quatre fois son poids de plâtre passé au tamis 20. On fait tomber le plâtre, puis on agite la masse avec une cuiller de bois pendant 30 secondes, de manière à ce que le liquide soit bien homogène. On place alors un thermomètre au dixième de degré dans ce mélange, et

l'on observe. L'ascension du mercure indique le début de la prise ; la fin de la prise est marquée par la cessation du mouvement du mercure.

6. **Temps de coulage.** — Il est bon de connaître le temps pendant lequel le plâtre gâché peut encore être coulé. On fait une bouillie de plâtre, comme dans la détermination précédente, on agite et toutes les 30 secondes on enfonce dans le mélange un agitateur de verre fort de 5^{mm} à 6^{mm}. Le commencement de la prise du plâtre est indiqué par l'impossibilité pour l'agitateur de verre de traverser la masse.

7. Il est nécessaire de connaitre aussi le temps pendant lequel le plâtre reste facile à travailler. Il n'y a pour cela qu'à tracer des lignes avec un couteau sur la masse de plâtre que l'on vient d'obtenir. On opère toutes les 30 secondes et l'on cesse quand le contenu ne peut plus entrer de 2^{mm} à 3^{mm} sans effort.

§ 3.

Les modèles pour la fabrication des moules sont donnés par des modeleurs. Ces modèles sont faits définitivement en plâtre, et leurs dimensions ont été déterminées de manière que les moules puissent fournir des objets d'une grandeur déterminée.

Sur le modèle à reproduire on coule du plâtre et le moule ainsi fait servira non pas au façonnage direct, mais à l'établissement d'un contretype dont on partira pour faire toute la série de moules nécessaires pour la fabrication.

Ce moule type pourra donner un nombre assez considérable de reproductions du modèle et c'est sur eux que l'on établira les moules définitifs.

Les moules comprennent au moins deux parties qui s'appliquent l'une sur l'autre et doivent être disposées de manière à s'emboîter convenablement. On arrivera à ce résultat en ménageant des tenons sur un des morceaux et des ouvertures pour les recevoir sur l'autre morceau.

Il n'est pas généralement possible d'obtenir un moule de dé-

pouille facile qui comprenne peu de morceaux. Quand il s'agit d'une pièce un peu compliquée, il faut faire le moule par fragments; on réunit alors les différents morceaux dans une coquille de plâtre qu'on appelle *chape*. La chape s'ouvre en deux parties, les coquilles.

Quand il ne s'agit que de pièces simples ou d'accessoires de garniture, la fabrication des moules est relativement peu compliquée. Au contraire, quand il y a des parties saillantes sur le modèle, il faut effectuer des coupes et construire autant de moulages qu'il y a de coupes. Les parties saillantes, laissées dans le moule, amèneraient la production de fentes par suite d'inégalité dans le retrait.

Une fois en possession des moules on peut procéder au moulage.

On prépare la pâte en balles ou en croûte, suivant la nature du sujet à reproduire. Dans le premier cas, on imprime dans le moule de petites balles de pâte. Pour éviter l'adhérence de la pâte avec la peau, l'ouvrier place entre sa main et la pâte une toile fine, de sorte qu'il peut appuyer fortement sans avoir à redouter d'arrachement lorsqu'il retirera sa main. On peut aussi se servir d'une éponge pour tasser la pâte dans le moule. On réunit alors les deux coquilles et on les serre fortement l'une contre l'autre.

Pour certaines formes on prend la pâte sous forme de croûte, c'est-à-dire réduite à l'état de lame. La pâte bien battue est posée sur une surface bien dressée recouverte d'une toile ou d'une peau. On l'encadre de deux règles parallèles, placées à une distance plus grande que la largeur de la croûte à préparer, et, sur ces deux règles, on promène un petit rouleau.

L'épaisseur des règles détermine la hauteur de la croûte. Dans le cas où la croûte doit avoir de grandes dimensions, l'écrasage de la pâte ne se ferait que progressivement. Au lieu d'une paire de règles on se servirait de deux séries de règles empilées; après chaque coup de rouleau on enlèverait une règle de chaque côté. En opérant ainsi la grosse balle de pâte est aplatie lentement sans que l'on ait à redouter des irrégularités.

On soulève alors la croûte, au moyen de son support, et on

l'applique sur le noyau du moule. On recouvre alors ce noyau avec la partie creuse du moule, après avoir retiré la toile ou la peau.

Ce mode de moulage sert beaucoup pour le façonnage des pièces creuses telles que les saucières, par exemple.

La pâte perd de l'eau dans le moule et prend du retrait; elle peut alors se retirer facilement. Les moules imprégnés d'humidité ne se comportent plus de même puisqu'ils n'absorbent plus l'eau; aussi est-il nécessaire de les faire sécher. On travaille avec une série de moules pour éviter toute interruption.

Une fois sorties du moule il faut poser les pièces sur des surfaces planes. Des rondeaux de plâtre bien dressés satisfont à cette condition; comme la masse est poreuse et absorbante, la dessiccation se continue.

Quand le moulage a été effectué en plusieurs parties les diverses pièces obtenues doivent être réunies sans trop attendre. On gratte alors les surfaces d'application avec un outil de fer, en formant des lignes croisées, afin de déterminer une surface rugueuse. On applique alors au pinceau de la pâte délayée (barbotine) sur les surfaces où l'on veut effectuer la réunion et l'on colle. Trop de barbotine dans le collage amène des irrégularités dans le retrait au point de suture et par suite des déformations. Une quantité insuffisante de barbotine ne donne pas d'adhérence.

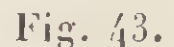
IV. — CALIBRAGE.

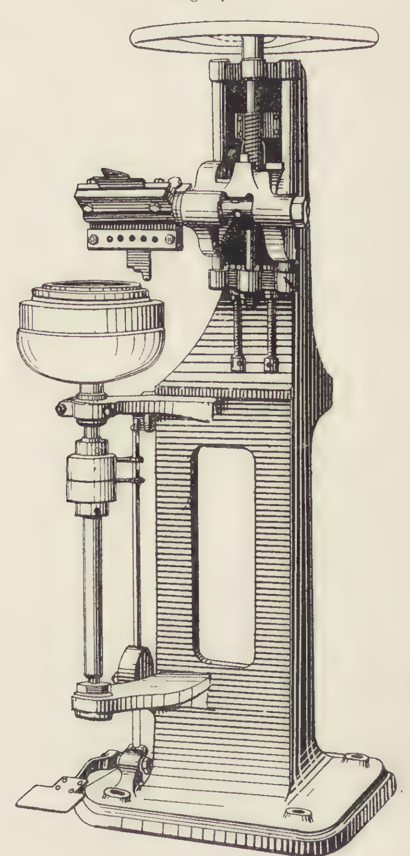
Le calibrage est une opération qui tient à la fois du moulage et du tournage. Il s'effectue sur un tour au moyen d'un moule et d'un estèque. Le moule représente la surface externe ou interne de la pièce. Une fois la pâte appliquée sur le moule, au moyen d'une pièce de métal (acier), on vient découper le profil de l'autre surface.

Ce procédé ne peut être appliqué qu'à des objets dont la forme procède d'un solide de révolution.

Les moules sont coulés sur une mère, comme dans le moulage ordinaire. Pour faire la mère il est commode aussi de se

servir d'une machine spéciale, dite *machine à moules*. La machine à moules est un tour à axe vertical comme le tour ordinaire du potier. La girelle est remplacée par un mandrin dans lequel on place le plâtre à travailler. Une bascule, ou un équipage


Fig. 43.



comme celui représenté sur la figure, supporte des calibres qui serviront à entailler le plâtre et à lui donner la forme voulue.

On peut donc par le moyen du tour, ou de la machine à moules, se passer du modèle original modelé. Il suffit de tourner un modèle en plâtre, de l'ajuster et, une fois terminé, d'en prendre des moulages qui constitueront les moules mères. Les moules

devront tous être égaux; leur épaisseur doit être la même et leur emmandrinage doit être identique. On atteint ce résultat en retouchant les moules mères à la machine à moules, de manière à égaliser leurs dimensions. On coule alors du plâtre dans les mères garnies d'une cerce de zinc et, lorsque le plâtre est suffi-

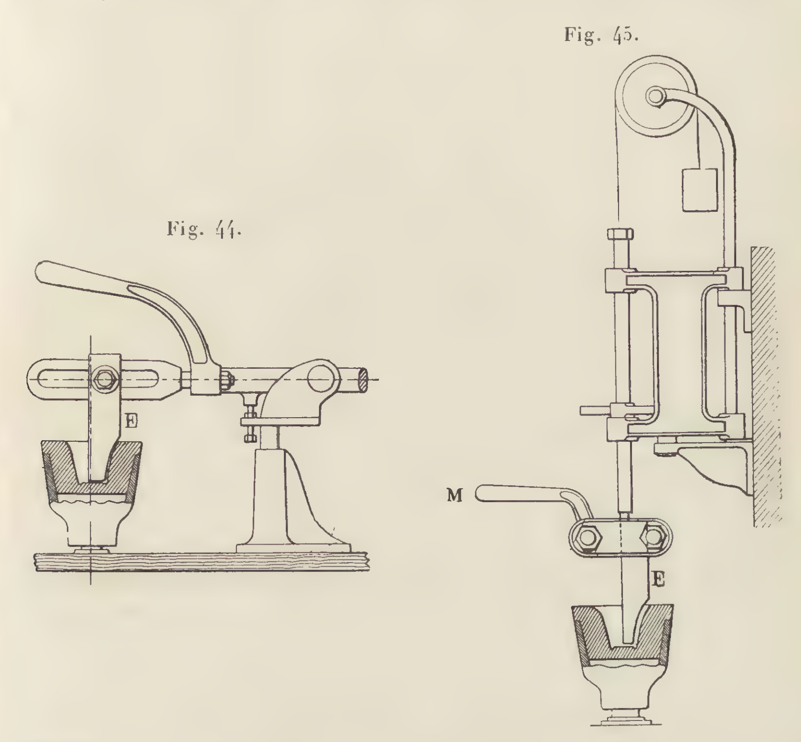


Fig. 44.

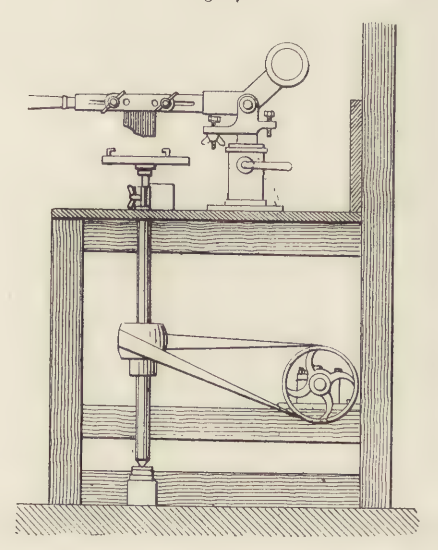
Fig. 45.

samment pris, on porte la mère, débarrassée de la cerce, sur la machine à moules. Le calibre abat alors les parties inutiles et laisse un moule parfaitement régulier. On répète l'opération autant de fois qu'il est nécessaire; tous les moules ainsi confectionnés sont égaux entre eux.

Le tour employé pour le calibrage est réduit à ses parties essentielles. Le bâti qui l'entourait n'a plus sa raison d'être. Il est fixé à une tablette adossée au mur et mû mécaniquement. Un dispositif d'embrayage et de débrayage permet la mise en route et l'arrêt de l'appareil. La girelle est creuse, elle reçoit les

moules et les maintient en formant mandrin. Les moules sont aussitôt centrés que posés et la pression suffit pour les maintenir. Pour éviter l'usure du plâtre par le frottement on garnit les

Fig. 46.



parties qui doivent supporter l'effort de la mise en place de bagues de plomb ou de zinc. Au lieu d'une girelle on se sert parfois d'un plateau pour recevoir le moule (*fig.* 47).

L'estèque, qui détermine le calibrage, est fixé à un équipage mobile, fourni soit par une bascule que l'on rabat, soit par une tige que l'on peut faire descendre verticalement et qu'un contrepoids ramène à sa position première.

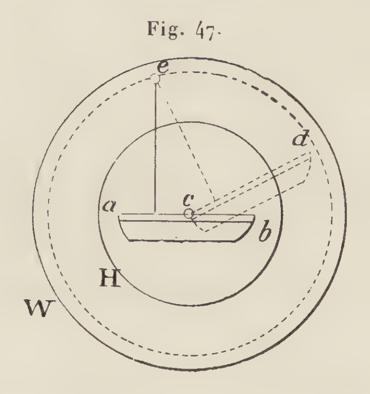
La manœuvre de l'estèque n'est pas toujours aussi simple que nous l'indiquons. Elle ne peut s'effectuer ainsi que pour la confection de pièces très ouvertes. Dès qu'il se présente un rebord à l'entrée, formant rétrécissement, l'introduction de l'estèque n'est plus possible avec ce dispositif. On a recours alors à un estèque excentré.

Un moule à ouverture étroite nécessite une suspension spéciale du calibre; le dispositif précédent ne permettrait pas l'introduction du calibre. Le calibre se trouve fixé à un arbre

légèrement excentré par rapport à l'axe du tour et par suite du moule. Descendu verticalement, il entre parfaitement dans le moule, mais il reste éloigné des parois; si l'on fait tourner l'arbre d'un certain angle au moyen d'une manivelle, on peut, si la position de l'estèque a été bien calculée, le rapprocher suffisamment des parois pour appliquer la pâte sur le moule et la découper à l'épaisseur voulue. Le calibrage fini on ramène par rotation l'estèque à sa position première et on le laisse remonter.

Voici un exemple d'un appareil à estèque excentré. La figure représente, en projection horizontale, un moule à ouverture étroite dans lequel il faut introduire un estèque. W représente le diamètre extérieur du moule, H l'ouverture et le pointillé le

Fig. 47.

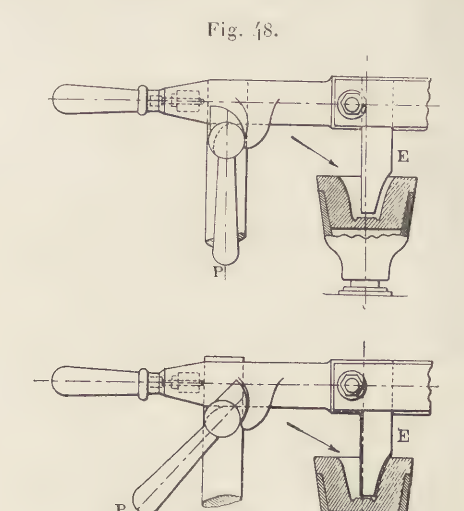


diamètre intérieur. La tige verticale qui supporte l'estèque est en *e* et au repos l'estèque occupe la situation *ab* par rapport à l'axe *e*. Quand on veut faire travailler l'appareil au moyen d'une poignée (comme dans la figure précédente) on fait descendre le système qui, placé comme il est, peut entrer dans le cercle H. Un mouvement angulaire imprimé à l'axe *e* permet alors de donner à l'estèque la position marquée en *cd*.

Les dispositifs donnés à ces appareils varient avec les constructeurs; on peut faire pourtant une observation générale, c'est que l'estèque, qu'il soit amené au contact de la pâte par une bascule ou par une tige verticale, n'attaque pas normalement la pâte. Dans la bascule le calibre attaque de travers la masse et

ne la met en place que lorsqu'il est à fond de course; dans la descente de l'estèque mécanique le calibre tasse la pâte pendant sa descente, il n'agit sur elle que verticalement. M. Faure, de Limoges, a adopté, pour les machines qu'il a fait construire, une modification heureuse. Le calibre est amené dans la cavité

Fig. 48.



du moule en le maintenant à une distance de ce dernier, supérieure à l'épaisseur de la pâte. La bascule qui sert à effectuer cette manœuvre possède une articulation élastique lui donnant la latitude d'un peu de jeu en avant. Quand la bascule est rabattue, elle vient butter sur un support fixe qui maintient en place le bras mobile. De la position indiquée par la première figure, nous passons à la seconde position, qui représente le calibre agissant sur la pâte, au moyen d'une manette P. L'estèque E vient alors attaquer normalement la pâte. Vient-on à la relever, par l'intermédiaire d'une double came, le bras A est poussé de quelques millimètres, entraînant avec lui le calibre.

Calibrage à la balle. — On désigne sous ce nom le calibrage des pièces qui ne présentent ni grandes dimensions, ni grands

creux. On place sur la girelle le moule, on met le tour en rotation et l'on jette dans la cavité une balle de pâte. On descend alors le calibre; la pâte est refoulée du centre vers les bords en s'appliquant sur les parois du moule jusqu'au moment où le calibre est à fond de course. La partie comprise entre le calibre et la paroi du moule est alors occupée par la pâte. On coupe les bavures, on relève le calibre et on retire le moule que l'on porte au séchoir. Il n'y a qu'à mettre un autre moule sur le tour et à recommencer la série d'opérations que nous venons de décrire.

Calibrage à la housse. — Pour certaines pièces il faut préparer la pâte, en quelque sorte, à subir le calibrage. Dans un grand moule, ou simplement un moule présentant un grand creux, on ne peut obtenir un façonnage régulier avec la pâte prise sous forme de balle.

Voici comment on procède, par exemple, pour faire une cuvette en porcelaine. Sur un tronc de cône, placé sur le tour et figurant la concavité de la cuvette, on place un linge mouillé que l'on recouvre de pâte; on fait ensuite agir le tour pendant qu'on abaisse un calibre donnant très grossièrement la surface extérieure. On renverse ensuite la housse, ainsi façonnée, et son support dans un moule, posé aussi sur un tour; on enlève le linge et le support et, après avoir mis le système en rotation, on abaisse le calibre.

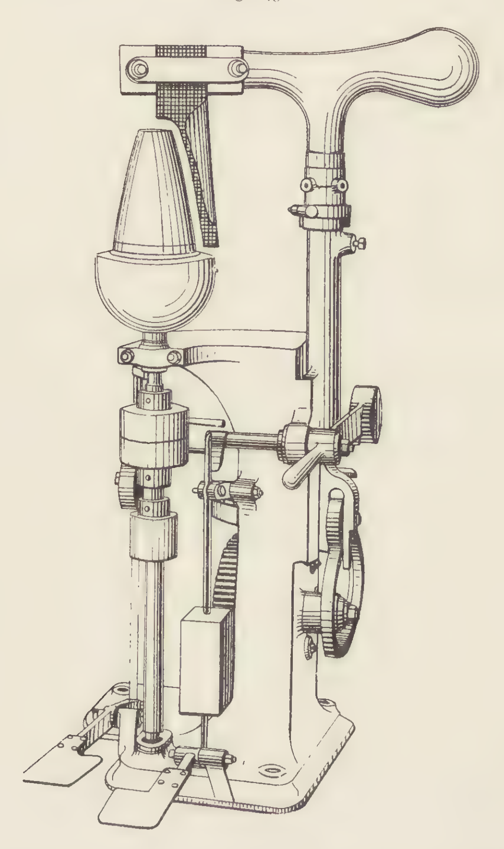
Pour de petites pièces on peut se contenter de faire des housses sur le tour. C'est ainsi que, dans le Westerwald, on façonne les pots à bière en grès. Comme tous ces vases sont ornés de reliefs, on commence par faire une housse que l'on introduit ensuite dans un moule cylindrique. On calibre au tour en se servant d'un estèque à profil rectiligne puisque ces vases sont cylindriques. Les moules qui servent à cette fabrication doivent pouvoir se démonter pour le démoulage, par suite des reliefs. Ils sont formés de trois pièces réunies dans une chape.

Quelquefois la forme de la pièce à effectuer exigerait une housse difficile à exécuter pour opérer sans déchirures. Supposons que la forme du vase soit presque sphérique; on jettera

d'abord dans le moule une balle qui formera le fond, puis ensuite on placera une housse conique que le calibre déchirera et qui servira uniquement à former les parois.

Pour faire les housses on peut se servir du tournage simple ou du calibrage. La machine de Faure donne facilement des


Fig. 49.



housses très régulières, avec le minimum de travail. Elle comprend essentiellement un axe vertical mobile, terminé par une tête de tour et maintenu par un bâti de fonte. Une forme en plâtre, fixée sur la girelle, détermine la forme de la housse. Un calibre viendra descendre et régler son épaisseur. Pour pré-

parer la housse on recouvre la pièce de plâtre d'un bonnet de toile, puis de pâte et l'on met en rotation au moyen de la pédale de gauche, qui amène la courroie de transmission de la poulie folle à la poulie commandant le tour. La pédale de droite commande le calibre. Ce dernier repose par le moyen d'un galet sur une came; la rotation de cette came amène la montée et la descente du calibre automatiquement. Une fois l'appareil réglé à l'épaisseur voulue, tout le travail consiste à manœuvrer les pédales en temps utile.

Calibrage à la croûte. — On emploie ce procédé principalement pour les pièces très ouvertes comme les plats ou les assiettes. On commence par faire sur une tournette une croûte de pâte en écrasant une balle. La croûte est ensuite portée sur un moule de plâtre, qui figure le creux de l'assiette, et calibrée.

Suivant la nature des pâtes à travailler, les précautions à observer pendant l'opération varient. Nous verrons, en nous occupant de la porcelaine, que le façonnage demande certains soins. Les pâtes de faïence fine se traitent plus simplement. Un apprenti pose une balle de pâte sur une tournette et l'écrase avec une règle. Une fois la croûte terminée, il la prend avec sa main et la pose sur le moule. L'ouvrier façonnier abaisse alors un calibre et l'opération est terminée.

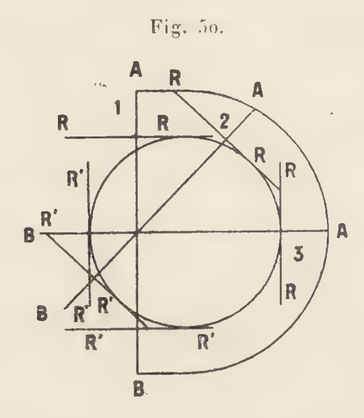
Calibrage des pièces ovales. — On peut arriver à calibrer des pièces ovales, telles que les plats, mécaniquement. Le calibre est fixe, mais le moule est supporté par une pièce qui se meut de telle sorte que tous les points de la pièce ovale viennent passer sous le calibre.

Voici le principe de la construction du tour ovale. Le moule repose, sur la tête de tour, sur une pièce métallique maintenue dans une glissière par un assemblage en queue d'aronde. Le moule peut donc se déplacer suivant une ligne droite. Deux règles parallèles reliées aux deux extrémités de la pièce glissante viennent s'appuyer sur un cercle métallique que l'on peut décentrer suivant une direction perpendiculaire à l'axe du tour. Quand le cercle et l'axe sont concentriques, le mouvement im-

primé est circulaire. Si, au contraire, on déplace le cercle, les deux règles pendant la rotation vont obliger la pièce à glisser. En examinant les quatre positions que nous figurons on voit que l'on décrit une ellipse qui se trouve déterminée par la différence des demi-axes. Le déplacement du cercle directeur correspond à cette différence.

Dans la figure nous représentons seulement le cercle directeur et les deux règles R et R'; la glissière est figurée par une ligne droite AB et nous donnons les positions extrêmes succes-

Fig. 50.



sives pendant un quart de rotation. La glissière verticale au départ en 1, devient oblique en 2 et horizontale en 3.

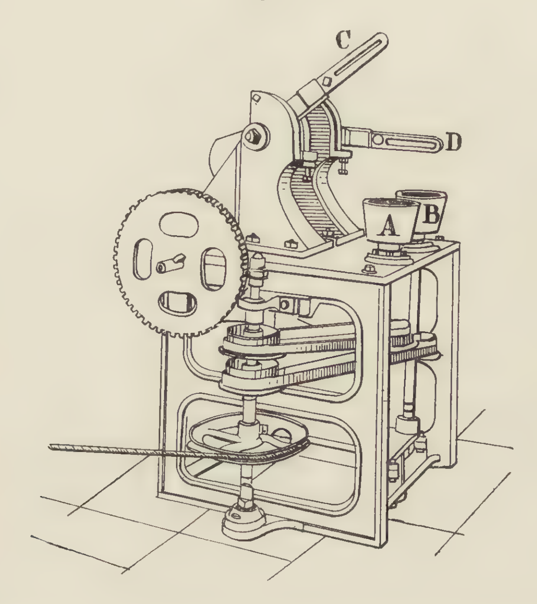
A propos de la porcelaine, nous décrirons un appareil spécialement établi pour son façonnage.

Calibrage automatique. — La société William Boulton limited, Burslem, a construit une machine calibreuse automatique dont voici la description et le fonctionnement :

La calibreuse est double. Elle comprend deux axes de tour sur la partie supérieure desquels se trouve fixée une pièce destinée à recevoir les moules A et B. Le mouvement est communiqué à ces deux axes par des courroies de transmission en relation avec un axe vertical parallèle animé d'un mouvement de rotation. On voit, dans la figure, cet axe sur la partie gauche de l'appareil. La vitesse de rotation des porte-moules est de 700 tours à la minute. Les estèques sont fixés à deux bras mobiles C, D et

animés d'un mouvement alternatif de haut en bas et de bas en haut; le réglage est fait de telle sorte que l'un monte pendant que l'autre descend et opère le calibrage. Ce mouvement est commandé par une roue dentée engrenant sur l'axe de rotation principal. Un ouvrier peut donc, avec ce dispositif, calibrer deux


Fig. 51.



pièces presque en même temps, puisque, pendant la descente du calibre sur un des tours, il peut débarrasser et regarnir le tour qui vient de servir au calibrage. Une fois qu'un nouveau moule est mis en place, le calibrage de l'autre pièce est opéré, et c'est alors l'autre tour qui est débarrassé automatiquement de son calibre.

Une machine de ce genre ne prend que 1^{m^2} de surface; desservie par un ouvrier habile, elle donne en 10 heures 7200 pièces. En moyenne, on peut compter sur 6000.

Le calibrage nécessite un très grand nombre de moules, car chacun d'eux ne peut servir qu'autant qu'il est suffisamment sec; en outre, le moule est occupé par la pièce tant que cette

dernière n'a pas pris assez de fermeté pour supporter le démoulage sans danger.

V. — COULAGE.

Quand on verse de la barbotine dans un moule de plâtre sec, on voit se former un dépôt le long des parois. C'est de la barbotine qui a pris une consistance pâteuse par suite de l'absorption de l'eau par la paroi poreuse. Si l'on prolonge le séjour de la barbotine dans le moule, la couche de pâte s'épaissit et, quand on fait écouler la barbotine en excès, on trouve alors les parois du moule recouverts d'une couche de pâte qui en a épousé tous les détails. Au bout de quelques minutes, le retrait de la pâte continuant sous l'action desséchante du plâtre, la pièce se détache d'elle-même du moule. Toutes les barbotines ne se comportent également bien, et, pour obtenir un bon coulage, il faut tenir compte d'un certain nombre d'observations.

Avec une même pâte l'épaisseur de la couche déposée augmente avec le temps. Dans un même temps, une barbotine donnera des dépôts d'autant plus épais qu'elle sera plus concentrée. Enfin, à égalité de temps et de concentration, les barbotines très argileuses donneront des épaisseurs plus faibles que les barbotines maigres, l'argile diminuant l'action de la porosité. Il est évident, en outre, que la porosité des moules et leur degré de dessiccation auront leur influence, autrement dit qu'un moule fait avec du plâtre gâché tendre sera très absorbant, et que le moule deviendra moins actif avec l'usage.

M. Marc Larchevêque [1] recommande d'établir, lorsqu'on doit employer le coulage, tout un groupe de déterminations très utiles pour le réglage des opérations.

On doit faire avec chaque barbotine une série de coulées dans des moules identiques comme forme et comme genre de plâtre. On verse la barbotine dans les moules et on la laisse séjourner pendant des durées différentes. Les pièces sont abandonnées à la dessiccation, puis démoulées; au moyen du palmer on dé-

---

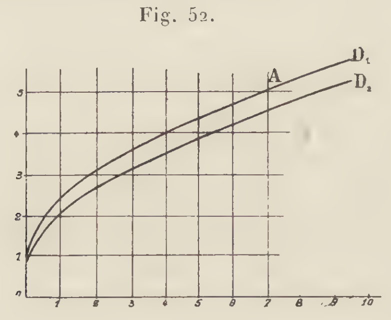
[1] *Fabrication industrielle de la porcelaine dure*, p. 86 et suiv.

termine leur épaisseur. La suite des nombres ainsi trouvée donne l'épaisseur du dépôt formé pendant des intervalles de temps connus. Il est nécessaire aussi d'effectuer un certain nombre de coulées successives dans un même moule pendant des temps égaux; on trouve ainsi les épaisseurs des dépôts données par les coulées effectuées l'une à la suite de l'autre.

On réunira ces résultats dans un Tableau. On peut, à l'aide de ces nombres, tracer des courbes en portant en abscisses les temps et les épaisseurs en ordonnées, courbes qui permettent de connaître le temps nécessaire pour obtenir une épaisseur donnée avec une barbotine de densité connue.

Cherchons, par exemple, la durée de la coulée pour obtenir une épaisseur de 5mm avec la barbotine de densité 1,750. La figure représente deux de ces courbes, D_1 correspondant à une

Fig. 52.



barbotine de densité 1,750, D_2 à une barbotine de densité 1,740. Suivons l'horizontale correspondant à 5mm, comptés sur un axe vertical, jusqu'à sa rencontre en A avec la courbe, et abaissons une perpendiculaire sur l'axe horizontal; le pied de cette perpendiculaire détermine sur cet axe la longueur correspondant au temps cherché. C'est 7s.

Les courbes doivent être tracées naturellement pour chaque coulée et chaque densité.

Les barbotines doivent être suffisamment fluides pour couler dans toutes les parties du moule au remplissage et ne laisser aucune ondulation lorsqu'on renverse le moule pour le vider.

Elles ont à donner un dépôt qui ne se fende ni ne se dé-

forme au démoulage. Comme on ne peut pas renforcer les pièces coulées, il faut se servir de composition résistant bien au feu des fours, aussi se sert-on de pâte très argileuse.

Pour le coulage, on évitera les pièces présentant de grandes surfaces verticales ou horizontales, parce que cette configuration rend difficile le support de la pâte adhérente au moule.

La barbotine de coulage se fait avec de la pâte que l'on additionne suffisamment d'eau pour en faire une bouillie peu épaisse. Il est nécessaire de la débarrasser des parties granuleuses et des bulles d'air; aussi la passe-t-on d'abord au tamis, puis la remue-t-on doucement jusqu'à ce que les bulles emprisonnées dans la masse cessent de se dégager.

Pour obtenir une masse fluide, tout en mettant aussi peu d'eau que possible, on ajoute à la barbotine du carbonate de soude. On peut aussi introduire, en même temps que du carbonate, du silicate de soude.

On verse la barbotine dans les moules, dans lesquels on la laisse séjourner le temps nécessaire pour obtenir un dépôt d'épaisseur déterminée, puis on vide l'excès de pâte. Les moules sont recouverts d'une couche de pâte qui prend de la consistance pendant que le plâtre absorbe de l'eau. Si cela est jugé nécessaire lorsque la dessiccation semble s'arrêter, on fait une deuxième coulée pour renforcer la pièce. Cette deuxième coulée, qui se fait comme la première, pourrait être suivie d'une troisième.

Une fois la pièce séchée, on la démoule et on la pose sur un rondeau en ayant soin de ne pas la heurter et de ne pas la presser.

Le coulage est employé dans la fabrication de la faïence et de la porcelaine. Il permet d'obtenir d'un seul jet des formes complexes, sans collages. Avec des barbotines convenables on coule des vases avec leurs becs ou leurs anses et même avec les deux. Pour éviter de compter le temps nécessaire pour que la barbotine laisse déposer sur les moules une couche suffisante, M. Marc Larchevêque (1) emploie un avertisseur chronométrique

(1) *Loc. cit.*, p. 88.

électrique. L'appareil comprend un mouvement d'horlogerie réglé de manière à ce que l'aiguille qu'il entraîne puisse parcourir un cadran divisé en 20″. L'aiguille est reliée à un pôle d'une pile. Une cheville de cuivre est reliée à l'autre pôle. Dans le circuit est placée une sonnette. Si l'on place la cheville à une distance de l'aiguille correspondant au temps nécessaire pour le coulage, quand l'aiguille arrivera sur la cheville, le circuit sera fermé et la sonnerie se fera entendre. Pour la mise en marche de l'appareil, on se sert d'un électro-aimant auxiliaire dans lequel on lance le courant aussitôt l'emplissage du moule.

VI. — PRESSAGE A LA FILIÈRE OU ÉTIRAGE.

En pressant sur une pâte plastique, contenue dans un réservoir muni d'une ouverture, on force la pâte à s'écouler sous forme d'un solide ayant cette ouverture comme section. C'est sur ce principe que sont construites de nombreuses machines à briques. L'ouverture porte le nom de *filière,* de là le nom de *pressage à la filière* qui me semble plus juste que le nom d'*étirage* que l'on rencontre dans certains ouvrages. Il n'y a aucun étirage de la matière, c'est justement de manière opposée que l'on opère puisqu'il y a pressée.

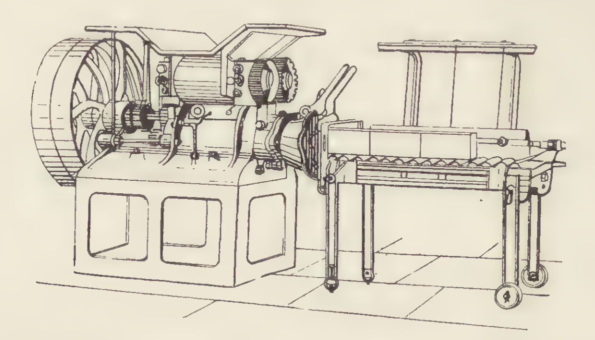
La machine à briques pour pressage à la filière se compose d'un réservoir de métal renfermant la pâte. La pâte est amenée dans le réservoir par deux cylindres qui la laminent et la chassent dans une ouverture. Dans la caisse formant réservoir un propulseur à hélice pousse la pâte en avant en la triturant et l'oblige à sortir sous forme de prisme que l'on débite en briques.

Le découpage des briques se fait avec un appareil spécial, dit *appareil coupeur.* Il est formé essentiellement par des fils de métal parallèles tendus et qu'un équipage mobile permet de rabattre sur le prisme et d'amener à traverser complètement la pâte. La distance des fils a été déterminée une fois pour toutes.

L'appareil coupeur reçoit les briques sur des cylindres de plâtre, enfilés sur des tiges métalliques qui leur servent de

support. De cette manière le prisme sortant de la filière peut s'avancer sans frottement pouvant amener des déchirures; les cylindres roulent à son contact sans entraver sa marche. Au moment où l'on va opérer le découpage, on relève une pièce

Fig. 53.



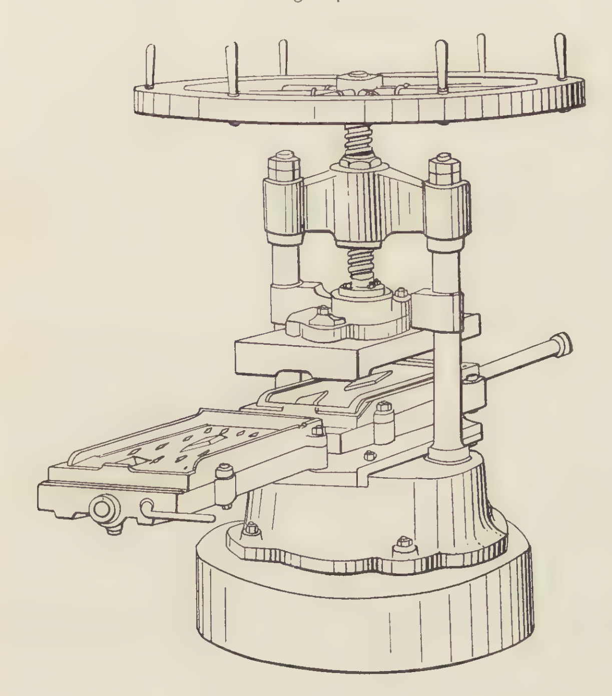
formant butoir, placée à l'extrémité de l'appareil. Le prisme de pâte pousse alors l'appareil coupeur, qui est monté sur roulettes, et le découpage s'opère nettement, ce qui n'aurait pas lieu si le prisme se déplaçait sur un appareil fixe. Tout se passe alors comme si prisme et appareil étaient fixes. Une fois les briques enlevées il n'y a qu'à ramener l'appareil coupeur à sa position première.

VII. — MOULAGE A LA PRESSE.

Pour obtenir certaines qualités de compacité, les pâtes doivent subir une pressée puissante; le moulage à la main ne permet pas une action suffisante. On soumet alors le moule à une pression énergique. Les tuiles, dites *mécaniques,* sont moulées à la presse. On commence par préparer une croûte de terre que l'on enferme dans un moule. Le moule est le plus souvent en plâtre; il est formé de deux parties. La partie inférieure du moule repose sur le plateau de la presse, la partie supérieure est fixée à l'organe mobile de cet appareil. Dans les presses les plus ordinaires la pressée se fait au moyen d'une vis, comme

dans les presses à balanciers. L'argile en excès s'échappe par les joints. On relève le moule supérieur et l'on amène en avant

Fig. 54.



le moule inférieur. Une tige sur laquelle le moule glisse permet cette manœuvre. Comme la tige est ronde on peut faire tourner le moule et renverser la tuile fraîche sur un support.

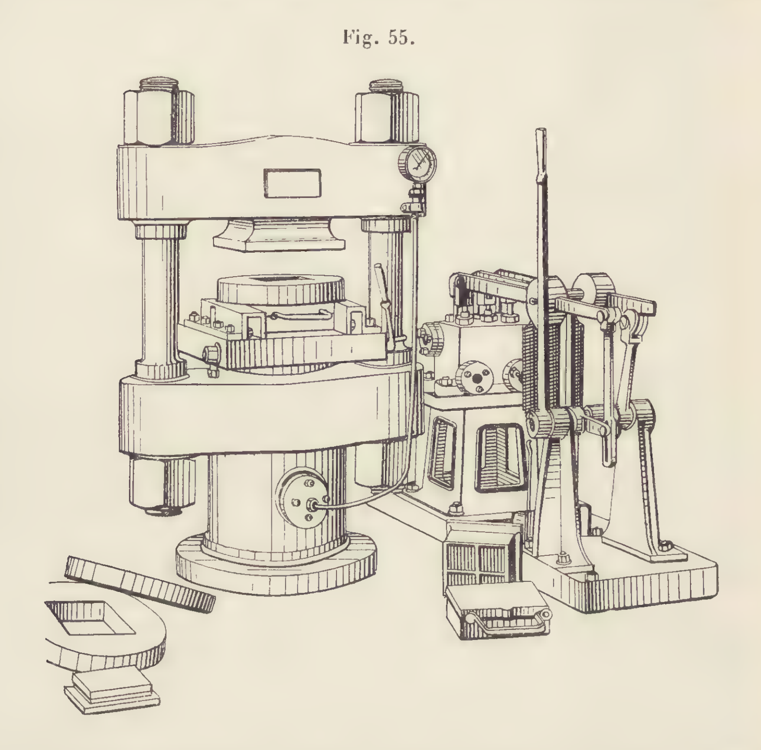
VIII. — PRESSAGE A SEC.

On peut travailler également les pâtes céramiques à l'état sec; on les prend alors sous forme de poussière que l'on comprime fortement. La pression fournie doit être suffisamment forte pour que le produit, sorti du moule, ait assez de dureté et assez de compacité pour être porté au séchoir sans subir de déformation.

Les presses auxquelles on a recours sont des presses hydrauliques. On commence par donner une faible pressée pour chasser les bulles d'air que renferme la masse. Puis on presse plus fortement de manière à tasser la masse.

La presse hydraulique se compose d'un cylindre, fermé

Fig. 55.



à l'extrémité inférieure, dans lequel se meut un piston muni d'un cuir embouti. De la base de l'appareil partent des tirants verticaux réunis par une traverse horizontale. Les appareils devant résister à de grands efforts il y a avantage à construire toutes les pièces en acier.

Le pressage à sec est surtout employé pour la confection des carreaux. Comme le débit des fabriques qui produisent ces carreaux doit être assez considérable, on a recours à des presses actionnées par des pompes mues mécaniquement. Généralement on ne fait pas agir directement la pompe sur la presse;

on intercale dans le circuit des accumulateurs. Ces accumulateurs servent de réservoir de pression. Ils sont formés d'un

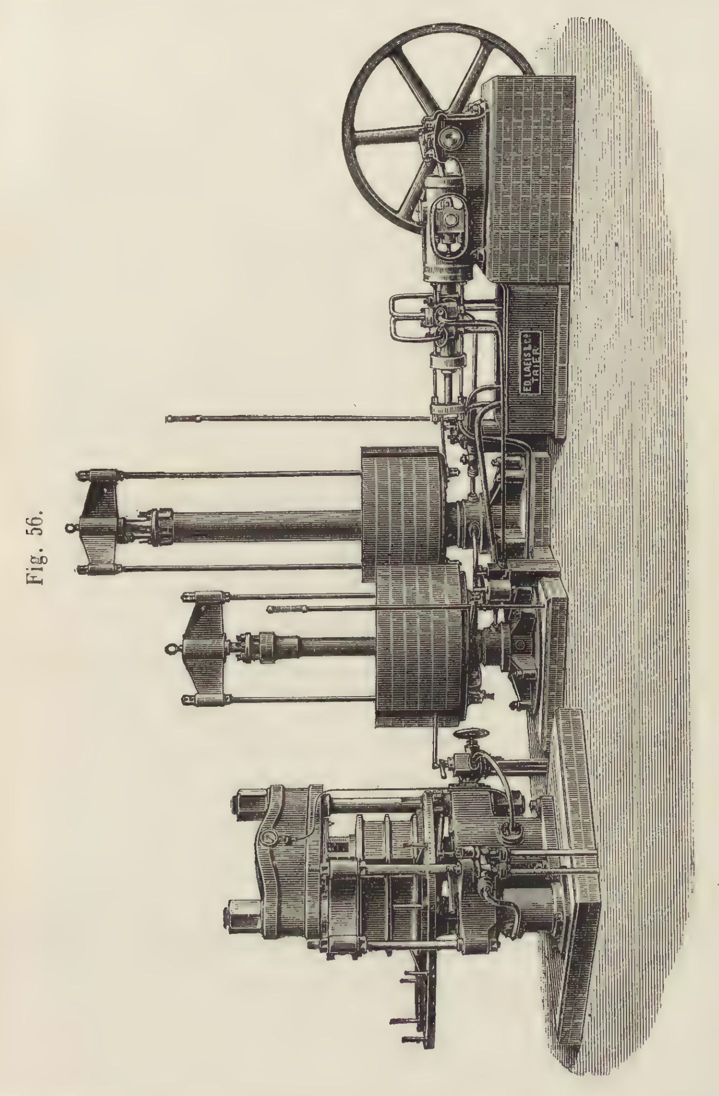


Fig. 56.

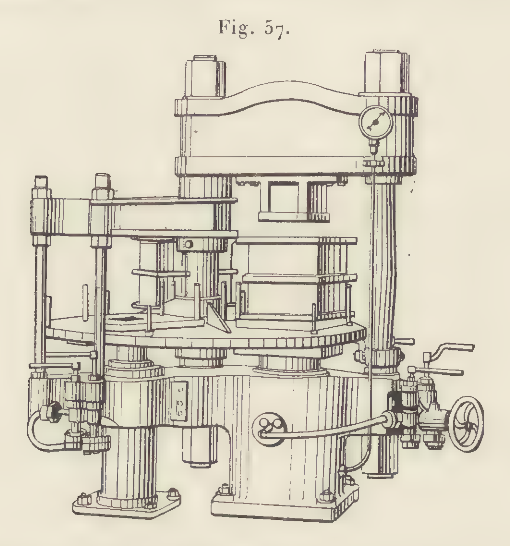
cylindre vertical fermé à sa base et dans lequel glisse un piston étanche. L'extrémité du piston est reliée à un plateau à contrepoids. En chargeant le plateau d'un poids convenable, on arrive

à produire une pression déterminée. L'accumulateur est complété par deux soupapes : l'une de retenue, l'autre de sûreté qui s'ouvre si la pression est trop élevée ou quand le piston est à fond de course. La soupape de sûreté est chargée suivant le degré de compression que l'on désire obtenir.

Il est nécessaire d'employer des accumulateurs à basse pression pour le début de la pressée et à haute pression pour la fin de la pressée.

Quand la presse est simple, voici quel est le dispositif (*fig.* 55) le plus fréquemment adopté. Le piston supporte la table destinée à recevoir la forme remplie. Deux règles parallèles creuses

Fig. 57.



sont fixées sur la table, elles servent au transport des formes. A travers ces deux règles peuvent monter, au moyen d'un levier, des pièces de métal. La forme est un cadre creux dont les dimensions intérieures correspondent à celles du carreau à presser. Ce cadre repose sur un socle, muni de poignées. La forme est placée sur son socle et remplie de la matière pulvérisée. On munit ensuite la forme d'un tampon supérieur et l'on introduit le tout dans la glissière de la table de la presse. On donne d'abord la basse pression, puis une deuxième pressée de même valeur et ensuite la forte pression. On laisse alors re-

tourner au réservoir l'eau contenue dans le cylindre et le piston descend. On fait alors fonctionner le levier qui agit sur les pièces de métal traversant les glissières; celles-ci montent et soulèvent le cadre. On donne à nouveau la pression pour démouler.

Dans d'autres dispositifs on a prolongé la table de la presse et les glissières qu'elle supporte. Un tampon démouleur est aménagé au-dessus de la portion de la table ainsi agrandie. Pendant que l'ouvrier amène le moule sur la table en dessous du piston démouleur, il place une nouvelle forme. En donnant la pression, il démoule en même temps la plaque terminée que l'on reçoit sur un feutre.

Les presses à table rotative (*fig.* 56 et 57) comprennent un disque de métal dans lequel on a ménagé trois ouvertures à intervalles équidistants. L'une de ces ouvertures se trouve-t-elle au-dessus du piston de la presse, la suivante surmonte le piston du démouleur. Construites de cette manière, les presses permettent de réaliser en même temps le pressage de la masse, le démoulage et le remplissage d'une forme.

IX. — RACHEVAGE.

§ 1. — Tournassage.

Sur le tour l'ébauche n'a permis de donner à la pâte qu'une forme grosse et épaisse; il faut, si l'on désire donner à la pièce de la finesse, arrêter ses contours avec un outil tranchant. Cette opération, dont nous avons déjà parlé, ne peut se faire que lorsque la masse ébauchée a acquis assez de consistance pour subir l'action de l'outil sans se déchirer. Les pièces ont parfois, avant le tournassage, une épaisseur telle, qu'une personne non prévenue aurait de la peine à pressentir la forme définitive.

§ 2. — Réparage.

Les pièces moulées laissent voir, après démoulage, la trace des coutures des moules. Le réparage a pour but de les faire

disparaître ainsi que les bulles, les cavités et les gerçures qui peuvent provenir du façonnage. L'enlèvement des coutures doit être effectué avec beaucoup de soin; fait sans attention il ne donne pas les résultats attendus, car la cuisson peut faire reparaître les sutures et coutures. Il faut non pas faire rentrer ces bourrelets de pâte, mais les enlever avec un instrument spécial, appelé *gradine*, et formé d'une lame tranchante barbelée.

Quand il s'agit de boucher des cavités l'ouvrier doit choisir une pâte de même densité que celle de la pièce.

§ 3. — Découpage.

Le moulage ne permet pas d'obtenir directement des pièces ajourées. Il faut mouler les surfaces en plein, puis effectuer le découpage des parties à enlever. Le moule donnera en creux le contour de la partie à supprimer. Avec un couteau l'on viendra ouvrir tous les jours dès que la pièce sera en état de supporter le travail. C'est surtout lorsque les jours sont de forme allongée, comme les losanges, que la difficulté devient grande. Les baguettes peuvent gauchir et entraîner la déformation de la pièce.

Pour donner une idée de ce genre de travail on peut citer comme exemple le façonnage des pièces réticulées. Dans ces pièces un réseau de porcelaine enveloppe l'objet et laisse voir à travers ses mailles la matière qui forme le corps des pièces. La partie extérieure est moulée, puis collée au vase; ce n'est qu'après cette opération que l'on fait le découpage.

M. Marc Larchevêque vient de proposer tout récemment un mode de façonnage assez simple, qui permet de produire facilement le découpage dans les assiettes à jours. Le moule dont il se sert porte une saillie dans chaque endroit où il doit y avoir un jour et le calibre est découpé de manière à présenter un creux à la zone où se trouvent ces saillies du moule. De cette sorte les moules sortent recouverts d'une assiette ornée de reliefs circulaires. Une fois sèche, l'assiette est tournassée, ce qui fait disparaître ces reliefs et détermine les jours, car les saillies du moule sont faites de manière à dépasser la hauteur normale de la pâte.

§ 4. — Estampage et moletage.

Au moyen de la molette, appliquée sur la pâte encore molle, il est facile de recouvrir les pièces d'un dessin répété. Un moule permettra de graver des ornements en relief sur des surfaces planes.

Il faut choisir pour ce travail le moment où la pâte est encore assez plastique pour subir facilement l'empreinte sans céder sous la pression du moule ou de la molette. Pour empêcher l'adhérence de la pâte à ces instruments et, par suite, l'arrachement, il est bon de graisser soit à l'huile, soit à l'essence, les surfaces en contact avec la pâte.

Quand la pâte n'est pas très plastique, comme c'est le cas de la pâte à porcelaine, on ne doit faire le travail du moletage ou de l'estampage que sur une surface épaisse, si l'on veut éviter la brisure.

Si l'estampage est fait avec trop d'énergie, il produit des changements de densité dans la pâte, changements qui entraînent des altérations de forme.

§ 5. — Guillochage.

Quand une pièce doit recevoir des côtes ou gaudrons ou bien des cannelures on peut recourir au moulage. Dans certains cas, un autre procédé donne le même résultat : c'est le guillochage. Le tour à guillocher ordinaire peut servir pour ce genre de travail; on doit disposer l'appareil de manière qu'il ne produise pas de secousses dangereuses pour la réussite des pièces.

Les poteries qui ont à subir le guillochage reçoivent fatalement des chocs, aussi est-il nécessaire de les ébaucher avec une épaisseur suffisante pour éviter des ruptures.

X. — GARNISSAGE ET COLLAGE.

Le façonnage ne donne pas toujours la possibilité d'obtenir l'objet que l'on désire d'un seul coup. Les agréments des

pièces, tels que les anses, devront être ajoutés sur le corps principal. Par le coulage on a pu simplifier la fabrication de certaines pièces, mais, pour la plupart des cas, on est obligé de procéder comme nous venons de le dire.

On donne le nom de *garnissage* à la préparation des pièces de ce genre et à leur application. Le plus souvent on moule les garnitures. Ce moulage des accessoires demande du soin car les inégalités dans la pression donnent des pièces défectueuses. Le démoulage nécessite aussi des précautions pour éviter tout gauchissement.

Certaines garnitures se moulent pleines, d'autres se moulent creuses soit pour diminuer leur poids, soit parce que leur destination l'exige. Les grandes anses et les becs de théières et cafetières sont dans ce cas. On se sert d'un moule en deux coquilles et, dans chacune, on moule avec une croûte de manière à former deux demi-canaux dont on unit bien les bords. On régularise ensuite l'intérieur du canal formé par la réunion des deux pièces et, une fois les garnitures moulées et détachées, on les *répare* immédiatement.

Il est bon de les placer sur des supports en plâtre de forme appropriée. Pour empêcher la garniture de sécher trop vite, on entretient l'humidité de la pièce; cette manœuvre est parfois nécessaire.

Les ornements qui ne portent pas de saillies peuvent se fabriquer par coulage. Quand il s'agit d'anses on a recours souvent à l'emploi de colombins creux préparés à la filière. On leur donne ensuite la courbure voulue après avoir aplani les extrémités où doivent être les points d'attache.

Les garnitures une fois réparées on procède à leur application. Il faut pour cela que les deux pièces à réunir soient également sèches ou humides et puissent subir le même retrait.

Après avoir tracé la place des attaches des garnitures, l'ouvrier creuse légèrement des petits sillons croisés sur l'endroit où doit se faire l'application, puis pose avec un pinceau de la barbotine et colle la garniture. C'est ainsi que l'on opère sur des pâtes humides.

Quand les pièces à réunir sont sèches on opère de même,

mais on se sert de barbotine gommée qui, séchant lentement, permet de faire contracter une adhérence suffisante.

Pour obtenir un bon collage il ne faut pas introduire, à l'endroit de l'attache, un excès de barbotine : cette barbotine, qui n'a pas la même densité que la pâte, par suite de la différence de retrait, amènerait des avaries.

L'application des becs se fait comme celle des anses. On devra, par exemple, entamer la pièce; la soudure s'opère alors sur les bords de la coupure.

Le collage, indépendamment de l'application des garnitures, sert à terminer aussi le façonnage.

Certaines pièces, à cause de leur forme, se font en deux ou plusieurs parties. Il est bon, pour obtenir un résultat satisfaisant, d'opérer rapidement et correctement, car il ne faut pas avoir à déplacer les pièces une fois mises au contact. On détermine l'adhérence comme nous venons de l'indiquer, en ayant soin de mettre en regard des surfaces coupées obliquement et non perpendiculairement.

Le garnissage est un travail qui demande de l'habitude et de la réflexion, car, si l'on ne tient pas compte du travail de la pâte pendant la cuisson, on s'expose à des mécomptes. Ainsi une tasse tournée ne doit pas être garnie de son anse, rigoureusement verticalement; il est nécessaire, si l'on désire une anse bien posée, de l'incliner légèrement en avant dans le sens contraire au mouvement du tour, car au feu la pâte continue à tourner et remet les choses en place.

CHAPITRE VII.

SÉCHAGE ET ENCASTAGE DES POTERIES.

I. — SÉCHAGE.

Les produits céramiques une fois façonnés ne peuvent pas être directement portés au four pour être soumis à la cuisson; du moins c'est le cas général. On les soumet d'abord à la dessiccation pour leur faire perdre une grande partie de l'eau en excès qu'ils renferment. Placés immédiatement dans une enceinte à température notablement plus élevée que la température ambiante, ils sont exposés à se fendre et à se briser par suite du départ brusque de l'eau. Le retrait qui accompagne la volatilisation de l'eau amènerait des tractions déterminant des fentes et des ruptures, si le départ de l'eau interposée était trop rapidement amené.

Une dessiccation ménagée laisse l'évaporation se produire sans accidents. Si, au contraire, l'évaporation est trop vive, la dessiccation est rapide à la surface, faible à l'intérieur, elle amène une contraction externe, alors que le centre est encore humide; de là proviennent les déchirures dont nous avons parlé.

Si l'on examine ce qui se passe pendant qu'une pâte perd de l'eau, on voit que d'abord il y a diminution de volume pendant le départ de l'eau. Plus tard la pâte cesse de se contracter pendant que l'eau continue de se dégager.

Une pâte renfermant 3 d'argile et 1 d'eau, soit 75 pour 100 et 25 pour 100, subira un retrait moyen allant jusqu'à 8 pour 100; elle ne renfermera plus alors que 8 pour 100 d'eau. A partir de

ce moment la contraction augmentera peu jusqu'à la dessiccation complète.

Suivant la nature des pâtes, on observera des différences dans la rapidité de la dessiccation et la valeur du retrait. Les pâtes kaoliniques auront un retrait moindre que les pâtes à base d'argiles plastiques; ce sont ces dernières pâtes qui demanderont le plus de temps pour la dessiccation.

L'évaporation s'effectuant par la surface, et l'eau ne quittant la masse que par le moyen des canaux capillaires qui se sont formés dans la pâte, le séchage sera d'autant plus rapide que la surface sera plus grande par rapport au volume.

Dans les pièces minces on peut presque admettre que ces vues sont vérifiées; s'il s'agit, au contraire, de pièces épaisses, l'évaporation ne peut se faire que lentement, puisque les seuls chemins aboutissant à la surface sont les canaux capillaires auxquels nous avons fait allusion.

La rapidité de la dessiccation a son intérêt. Suivant la forme de l'objet, suivant la texture de la pâte, il y aura lieu de prévoir les conséquences du départ de l'eau. On mettra, par exemple, des linges mouillés sur certaines pièces afin d'empêcher une évaporation trop rapide, évaporation qui causerait des désordres préjudiciables.

Pour obtenir la dessiccation des pièces on a recours à divers procédés. En considérant la question au point de vue général, on peut d'abord faire remarquer quelles sont les conditions nécessaires pour que l'évaporation de l'eau ait lieu.

Il faut que la pâte soit placée dans une atmosphère relativement sèche, autrement dit que le milieu ambiant ne soit pas saturé ou presque saturé de vapeur d'eau. Dans ce dernier cas, évidemment, la dessiccation ne peut se produire. C'est la saturation de l'air se chargeant d'humidité qui amène le séchage. Cet air, qui se charge de vapeur d'eau, doit être renouvelé, car, au bout d'un certain temps, il n'est plus apte à agir puisqu'il n'enlève plus d'eau. En outre, il y a à tenir compte de ce fait, c'est que le passage de l'eau liquide à l'état d'eau gaz absorbe de la chaleur, ce qui amène un refroidissement. Ce refroidissement occasionne un abaissement de la tension de la vapeur

d'eau et une diminution de la valeur absorbante de l'air; aussi accélère-t-on la dessiccation en renouvelant la masse d'air, qui est en contact avec les produits, et en envoyant de l'air à une température supérieure à la température ambiante.

Nous allons nous rendre compte de ce qu'exige un poids connu d'eau, soit 1^{kg}, pour être évaporé dans une pâte.

Le séchage ne s'effectue que par l'intermédiaire de l'air; il ne s'agit pas ici de vaporiser l'eau brutalement, mais d'amener suffisamment d'air pour entraîner l'eau à l'état de vapeur mélangée à l'air.

Un volume d'air se saturera d'autant mieux d'humidité qu'il sera d'autant plus éloigné de son poids de saturation ; autrement dit que la tension de la vapeur d'eau que cet air renferme sera plus faible. L'idéal, au point de vue du rendement, serait l'air sec.

Un mètre cube renferme, à l'état de saturation, des quantités d'eau variables avec la température. Le Tableau que nous donnons nous montre que, quand la température s'élève, la quantité d'eau vaporisée dans ce volume d'air augmente rapidement :

°	g	°	g	°	g
0........	4,9	21........	18,3	30........	30,2
5........	6,8	22........	19,4	35........	39,5
10........	9,4	23........	20,5	40........	51,0
15........	12,8	24........	21,6	50........	82,7
16........	13,6	25........	23,0	60........	130,0
17........	14,4	26........	24,3	70........	197,0
18........	15,1	27........	25,7	80........	291,0
19........	16,3	28........	27,1	90........	421,0
20........	17,2	29........	28,6	100........	592,0
				120........	1120,0

On peut aussi se rendre compte de l'influence de la température en calculant le volume d'air saturé qui renferme 1^{kg} d'eau. On trouve :

°	m³
A 5......................	147
10......................	106,4
15......................	78,1
20......................	58,5

A 25°	43^m3^,8
30	33,1
35	25,5
50	12,1

D'après ce que nous venons de voir la dessiccation peut s'effectuer si les produits humides sont au contact d'air non saturé d'humidité. A la température ordinaire la dessiccation exigera un volume d'air très grand; si l'air arrive à une température notablement supérieure à la température ambiante le volume d'air nécessaire pour entraîner l'humidité sera beaucoup moindre. Comparons les Tableaux précédents pour 15° et 50°. Nous voyons que, dans le premier cas, $78^{m^3},1$ d'air saturé renferment 1^{kg} d'eau ou que 1^{m^3} d'air saturé contient $12^{g},8$ d'eau; dans le second cas, 12^{m^3} d'air saturé renferment le même poids d'eau et le mètre cube de cet air contient $82^{g},7$.

Il faut tenir compte d'un autre fait pendant la dessiccation. La vaporisation de l'eau consomme de la chaleur, par conséquent le départ de l'eau sera accompagné du refroidissement de l'air environnant. La température du gaz s'abaissera à mesure que le gaz se chargera d'humidité.

En réalité, le principal point de vue à examiner pendant le séchage des produits est le renouvellement de l'air. L'air s'éloigne fatalement des pièces qui sèchent avec une température moins élevée que lors de son arrivée, de plus il s'est chargé d'humidité, il est donc plus près qu'avant de son point de saturation. Si cet air humide rencontrait des corps froids, sa température pourrait encore s'abaisser et, si elle atteignait le point de rosée, il y aurait dépôt d'eau à la surface des corps. Cet accident est possible pendant la dessiccation, dans certains fours où le séchage s'opère dans l'appareil lui-même, au moyen de gaz chauds mais contenant de la vapeur d'eau; on doit empêcher l'arrivée de ces gaz humides sur des produits froids qui ne sont pas secs. On évite ainsi d'atteindre le point de rosée et le dépôt de l'eau.

L'air ne quitte pas les produits saturé d'humidité, du moins c'est le cas général, il n'enlève donc que peu d'eau s'il est à la température ambiante, car son refroidissement, et par suite la

chaleur cédée, ne peut pas être considérable. Examinons ce qui se passe pour une brique qui vient d'être façonnée. Une brique pèse dans ces conditions 4^{kg}, elle peut contenir le quart de son poids d'eau; pendant la dessiccation toute l'eau ne disparaîtra pas, les dernières quantités ne s'évaporeront que dans le four. On peut évaluer ce résidu que contient la brique à 25 pour 100. Le séchage enlèvera donc seulement 750^{g}. Si la vaporisation s'opère à la température ambiante, à 15°, il faudra emprunter à l'air environnant 402^{cal}. Si la température de l'air s'abaisse de 1°, pour fournir ces 402^{cal} il faudra un volume d'air de 1355^{m^3} correspondant à 1696^{kg} d'air. En comptant 15 jours pour la dessiccation, on trouve qu'il faut fournir $1^{cal},116$, soit faire passer $3^{m^3},755$ par heure.

En résumé, l'évaporation variera proportionnellement à la différence $(F - f)$, expression dans laquelle F représente la tension maxima de la vapeur d'eau et f la tension de la vapeur d'eau à la température de l'air ambiant; l'évaporation sera d'autant plus rapide que la surface sera plus grande et la température plus élevée.

§ 1. — Dessiccation a l'air libre.

La dessiccation des produits façonnés s'effectue parfois à l'air libre. C'est le moyen le plus fréquemment employé pour sécher les briques. Les briques restent exposées à l'air jusqu'à ce qu'elles aient pris assez de solidité pour être empilées, on les place ensuite en haies en les abritant avec des paillassons jusqu'à ce qu'elles soient en état de subir la cuisson.

Dans les porcelaineries on abandonne de même les pièces à la dessiccation dans les ateliers.

§ 2. — Dessiccation dans les séchoirs.

Au lieu de confier à l'air ambiant le soin d'entraîner l'eau, on peut faire effectuer le même travail par de l'air chaud. Dans ce cas la limite de saturation se trouve reculée puisque la tension de la vapeur d'eau augmente avec la température.

On a pensé à utiliser la chaleur perdue des fours. Aussi, dans certaines fabriques de terres cuites, trouve-t-on des séchoirs échafaudés au-dessus des fours. La figure que nous donnons du four Bock ([1]) montre un de ces séchoirs édifié au-dessus d'un four continu. Cette disposition oblige à une dépense de main-d'œuvre assez importante pour la manutention des produits. On peut aussi aspirer les gaz chauds qui sortent des fours et les lancer sur les produits.

La nécessité d'aller vite et le désir de ne pas être entouré d'une quantité de produits en voie de sécher ont amené la création des séchoirs chauffés directement par des moyens indépendants. Nous en parlerons à propos des briques.

Les faïenceries qui doivent livrer beaucoup d'articles ont intérêt aussi à ne pas s'encombrer, aussi emploient-elles des séchoirs à air chaud pour la dessiccation de leurs produits. Le chauffage de l'air est généralement produit par de la vapeur circulant dans les tubes. Derrière les ouvriers sont disposées des étagères sur lesquelles commence la dessiccation, puis de là les pièces sont portées dans un séchoir où le séchage se termine.

Dans ces dernières années on a imaginé de donner aux séchoirs la forme d'un tunnel que les produits, chargés sur des wagonnets, traversent; les matières rencontrent dans leur parcours un courant d'air dirigé en sens inverse de leur marche. Ces appareils seront décrits dans le Chapitre consacré aux fabrications qui les utilisent.

II. — ENFOURNEMENT ET ENCASTAGE.

Les pièces suffisamment séchées subissent la cuisson dans les fours. Leur placement dans ce dernier appareil exige des précautions qui varient avec la nature de la poterie et la forme des objets.

Les terres cuites, les poteries ordinaires s'enfournent souvent *en charge*. On les dispose les unes au-dessus des autres, en

---

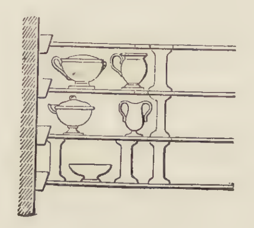
([1]) *Voir* plus loin à la cuisson des briques.

ayant soin de ne pas faire supporter aux pièces inférieures une pression trop forte. Cette manière d'opérer utilise de la manière la plus avantageuse le volume du four.

Si la forme des objets ne se prête pas à ce genre d'enfournement, on établit des planchers avec des plaques de terre cuite et des supports.

Les plaques de terre cuite employées portent le nom de *tuiles;* elles ont une forme carrée, souvent avec des coins coupés en ligne courbe, rentrant vers le centre de la tuile, leur surface est ordinairement voisine de 60^{cm^2}. Ces tuiles sont maintenues par des *pillets,* qui ont la forme de petites colonnes en

Fig. 58.



terre cuite avec une base et une tête larges, afin de leur donner de l'assise. La hauteur des pillets varie de 15^{cm} à 30^{cm}.

Cette sorte d'enfournement s'appelle enfournement en *échappade.* On a recours à ce dispositif pour la cuisson des produits recevant une glaçure.

Pendant la cuisson de cette dernière il y a fusion de la masse vitrifiable; s'il y avait des points de contact entre les objets, après refroidissement on trouverait des pièces collées. On n'arriverait à les séparer que difficilement et la surface d'arrachement laisserait des marques tout à fait préjudiciables à la vente. Dans l'enfournement en échappade on n'a pas à redouter cet inconvénient puisque les pièces reposent les unes à côté des autres, et non les unes sur les autres.

Si les pièces ne sont pas dégarnies de glaçure sur la surface qui les supporte, on évite l'adhérence au moyen de supports spéciaux dont nous dirons quelques mots plus loin.

Toutes les fois qu'il s'agit de poteries soignées, on a à redouter

l'apport de débris de combustible sur les pièces. Cet inconvénient, qui n'influe pas sur la poterie grossière, déprécierait fortement certains produits. Dans ce cas, on enferme les pièces dans des étuis de terre cuite, que l'on appelle *cazettes* ou *gazettes*. La mise en gazettes constitue l'*encastage*.

L'encastage met à contribution tout un matériel spécial. Les gazettes proprement dites doivent pouvoir s'empiler les unes sur les autres; elles ont la forme, soit de cylindres creux, soit de prismes rectangulaires creux. Parfois les gazettes sont de simples cylindres sans fond, ce sont les *cerces;* d'autres fois elles ont un fond. Nous verrons dans le cours de cet Ouvrage l'utilité des formes variées que l'on donne au matériel d'encastage.

La gazetterie est faite avec des argiles réfractaires; elle appartient, comme type de poterie, au groupe des terres cuites réfractaires.

La gazetterie doit être poreuse afin de pouvoir résister aux brusques changements de température que détermine l'arrivée des flammes sur les piles. Le grain du ciment et sa forme ont une influence considérable.

La pâte de gazetterie se façonne par les procédés généraux que nous avons indiqués, mais il y a lieu d'apporter beaucoup d'attention à ce travail; une mauvaise gazetterie cause des accidents très graves compromettant le succès de la fabrication.

S'il s'agit de matières ne subissant pas de ramollissement au feu et ne recevant pas de glaçures, l'encastage est facile. On pose les pièces les unes dans les autres pour perdre le moins de place possible, ou bien on les empile dans les gazettes.

Les poteries mises en couverte, c'est-à-dire enduites de la composition qui doit donner naissance à la glaçure, ne peuvent plus être ni empilées, ni juxtaposées. On les fait reposer sur des supports spéciaux qui ne les touchent que par un très petit nombre de points indispensables pour leur permettre de reposer sans crainte de chute.

Les *pernettes* sont des prismes triangulaires, à arêtes aiguës, en terre cuite. Sur l'une de leurs arêtes on fait reposer les pièces; s'il y a adhérence, le contact n'a lieu que sur une si petite surface que l'on ne s'en aperçoit, pour ainsi dire, pas.

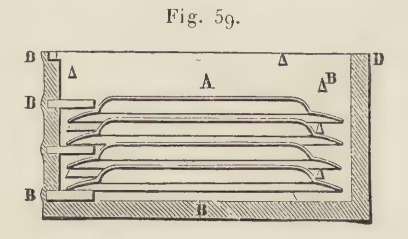
Les *colifichets* sont des étoiles à trois branches, dont les branches sont des pernettes.

Les *dés* sont des pièces en forme de dés, mais portant un petit appendice à arête vive. Ils peuvent s'enfiler les uns dans les autres et servent à séparer les pièces plates.

Les *pâtes de coq* sont des tétraèdres à faces incurvées et à pointes très décidées. Ils reposent sur trois pointes et présentent toujours une pointe en l'air.

Les figures (58 et 59) que nous présentons suffisent pour donner une idée des dispositifs adoptés. Dans la figure ci-contre

Fig. 59.



on a représenté une gazette renfermant des plats A. Ces derniers sont cuits en émail, renversés sur des pernettes B.

Quand la poterie se ramollit au feu de cuisson, comme c'est le cas de la porcelaine, le problème est plus difficile. Il faut supporter les pièces pour éviter leur affaissement et les maintenir de telle sorte que les contacts des supports ne laissent pas de marques.

Les pièces peu sujettes à gauchir se cuisent sur leur pied, sans supports. Dès que le support devient nécessaire, il faut pratiquer l'*engommage*. L'engommage a pour but d'isoler et d'empêcher les pièces de se souder ensemble. On applique alors sur les surfaces du sable calciné, mélangé d'un peu de kaolin et délayé dans la gomme. L'alumine calcinée donne un meilleur engommage, par suite de son infusibilité.

Dans tous les enfournements, les piles sont montées bien verticalement. Le sol du four doit donc être maintenu plan et horizontal. En disposant une couche de sable sur la sole, on peut poser solidement les piles sans leur faire contracter d'adhérence.

Dans les fours qui ont des carneaux débouchant dans la sole, on doit naturellement éviter de boucher ces carneaux avec les pieds des piles. On dispose alors les piles sur des briques de terre réfractaire, solides et permettant aux flammes de passer sous la pile.

Pour diminuer la charge, dans le sommet des piles, on placera des gazettes légères. Dans les régions qui reçoivent directement la flamme, on place des gazettes épaisses afin de mieux supporter l'action des gaz incandescents.

On lute les gazettes avec un mélange d'argile et de sable. Ce lut est très sableux. On le place sous forme de colombins sur le bord de chaque gazette. Le poids de la gazette supérieure aplatit le colombin et donne une jointure complète, suffisamment solide.

CHAPITRE VIII.

CUISSON DES POTERIES.

La cuisson a pour but de transformer les silicates et matériaux hydratés entrant dans la composition des pâtes en matières anhydres.

Pendant la cuisson, la pâte prend de la dureté et devient compacte. Suivant la composition de la masse, d'autres phénomènes peuvent prendre naissance; ainsi, certaines pâtes qui contiennent des éléments fusibles subissent des transformations internes qui donnent à la matière une structure vitrifiée rendant la poterie complètement imperméable.

La cuisson amène aussi la fusion des couvertes, le développement et la fixation des couleurs. Nous aurons l'occasion de mieux comprendre son action quand nous ferons l'étude détaillée des fabrications.

I. — COMBUSTIBLES.

Les combustibles sont des matières dont les éléments s'unissent avec l'oxygène avec un grand dégagement de chaleur. Les principaux combustibles utilisés dans l'industrie céramique sont : le charbon sous différentes formes (houille, lignite, tourbe), le bois, le pétrole et quelques gaz (gaz d'air ou d'eau, gaz naturel).

§ 1. — Charbon.

La *houille,* employée pour la cuisson des produits céramiques, est un charbon à longue flamme. Elle doit être, autant que pos-

sible, exempte de pyrites; une houille sulfureuse donne, pendant sa combustion, des composés sulfurés dont la présence est néfaste dans certains cas.

En moyenne, la houille renferme 70 pour 100 de carbone; dans certains charbons la teneur en carbone peut s'élever jusqu'à 89 pour 100 (Ronchamp, Creusot). Les charbons de Blanzy, Montceau ont une teneur moindre que 70 pour 100.

La houille se brûle aussi sous forme de briquettes agglomérées, faites avec des débris de charbon agglutinés et moulés.

L'*anthracite* est une variété de houille. Ici la transformation des matières organiques est arrivée à sa dernière phase.

Les anthracites ont une teneur élevée en carbone, plus considérable que les houilles. Les charbons anthraciteux de la Sarthe contiennent 87 pour 100 de carbone, les anthracites de l'Isère 94 pour 100.

Les anthracites ont une densité supérieure à celle des houilles ordinaires. La densité de la houille varie de 1,16 à 1,60, celle de l'anthracite est de 2 environ.

L'anthracite est un charbon de qualité supérieure qui ne brûle qu'à une température assez élevée. C'est un très bon combustible. Il rappelle, par son aspect et son éclat, le charbon de terre ordinaire; il est compact et dur.

Le *lignite* provient, comme la houille, de la destruction des végétaux; c'est un charbon plus ancien que la tourbe mais plus récent que la houille. Il est moins carbonisé que cette dernière substance. Son aspect diffère de la houille. C'est une matière brune ou noire, exhalant une odeur désagréable pendant sa combustion. Les lignites sont moins riches en azote que les houilles; ces dernières dégagent des vapeurs ammoniacales lorsqu'on les chauffe, tandis que les premiers exhalent des produits à réaction acide, par suite de la présence d'acide acétique. La teneur moyenne en carbone du lignite combustible va de 50 à 60 pour 100, quelquefois même elle peut atteindre 70 pour 100.

Les mines de lignite ne fournissent généralement pas beaucoup de charbon en morceaux; elles donnent surtout du menu. Pour utiliser ces débris de combustible, on en façonne des briquettes que l'on brûle comme les briquettes de houille.

La *tourbe* est un charbon relativement jeune. Suivant le degré de décomposition et la profondeur des couches d'où elle provient, la tourbe a différents aspects. Tantôt la surface est brillante, d'autres fois la structure des végétaux est reconnaissable et la masse est alors lâche, feutrée.

Le poids de cendres atteint jusqu'à 13 pour 100. Ces cendres contiennent surtout de la chaux 41 pour 100, de l'oxyde de fer 16 pour 100, du soufre 14 pour 100, du gaz carbonique 15 pour 100, puis des alcalis, de la silice, de l'acide phosphorique, mais en petite quantité.

La densité de la tourbe est variable. On trouve des variétés très diverses au point de vue de la compacité; le poids de 1^{m^3} est, en moyenne, de 400^{kg}, mais il peut s'abaisser jusqu'à 113^{kg} et s'élever jusqu'à 1039^{kg}. Ces limites extrêmes sont exceptionnelles.

A côté de l'eau faisant partie intégrante de la tourbe, il faut mentionner l'eau hygroscopique qui se trouve en quantité considérable.

La tourbe fraîche contient de 60 à 80 pour 100 d'eau hygroscopique; l'air dessèche très bien la tourbe et lui enlève une importante fraction de cette eau.

Le pouvoir calorifique de la tourbe est variable avec la nature de ce corps; de plus la tourbe a l'inconvénient d'occuper un espace notable par rapport à son pouvoir calorifique.

Cet inconvénient s'amoindrit par la compression, mais alors le prix de la tourbe est augmenté de telle sorte que celle-ci n'est employable que dans la région où elle est extraite.

Le *coke* contient plus de carbone que la houille, puisque les principes volatils ont été détruits ou chassés pendant la chauffe qui a déterminé la formation du coke. Il reste pourtant encore d'autres matières que le carbone dans le coke, du soufre notamment.

Les reproches adressés à la houille subsistent pour le coke. Si la teneur en carbone s'est élevée, le poids de cendres a augmenté, et, par suite du départ de matières volatiles, la quantité de soufre est montée de 1,92 à 2,52; le dégagement de cette substance a donc été de peu d'importance. Le coke de fours est

plus pauvre en soufre que le coke de gaz, seulement il est cher.

Le prix du coke, par rapport à la houille, et sa combustion avec une flamme courte, font qu'on ne l'emploie pas en Céramique pour le chauffage direct des fours; mais, pour la production du gaz de gazogène, on a parfois recours à ce combustible. C'est pour ainsi dire la seule manière d'utiliser le coke pour la cuisson des poteries.

§ 2. — Bois.

Le bois est le plus ancien des combustibles employés pour la cuisson des poteries. Le charbon a pris sa place dans la plupart des cas par suite de son prix moins élevé. Dans quelques pays, où l'approvisionnement en bois est facile et peu coûteux, on a conservé cette dernière matière comme combustible. On trouve aussi des appareils de chauffage alimentés au bois dans quelques cas. Le soufre, que renferme la houille, a une action funeste sur certaines couleurs; les inconvénients du charbon, très réels dans quelques cas, ont amené aussi les industriels à employer souvent le bois pour le chauffage des moufles. Dans des pays, comme le Mexique, on est obligé de se servir de fours au bois, le prix de revient de la houille étant encore élevé. Enfin on trouve en Europe, et même en France, avantageux de brûler des fagots, des broussailles dans certaines occasions. Le bois a donc encore une importance réelle comme combustible. Toutes les fois que son prix de revient ne sera pas supérieur à celui de la houille, le bois aura la préférence par suite de l'absence des matières nuisibles qui accompagnent la houille, et de sa facile combustion. Lorsque les produits à cuire auront par eux-mêmes une valeur élevée, l'économie résultant de la substitution de la houille au bois ne sera pas telle que le prix de revient en soit abaissé d'une manière notable, le bois aura la préférence.

Le bois se compose de cellules et de vaisseaux, formés de cellulose $C^6H^{10}O^5$, qui renferment la sève. Cette dernière contient de l'eau, des matières minérales que l'on retrouve dans les cendres et des substances organiques variables avec les différents bois. Quand le bois est fraîchement abattu il renferme de l'eau en quantité notable. Le charme, qui en contient le moins, en

renfermerait 18,6 pour 100; dans le chêne la teneur s'élève à 35 pour 100 pour atteindre 44 pour 100 dans l'orme.

La dessiccation à l'air n'amène pas le départ complet de l'eau. On trouve encore dans le bois, après exposition à l'air, de 12 à 20 pour 100 d'eau. La présence de cette matière diminue le pouvoir calorifique du bois, puisque cette eau tient la place de matières combustibles et, de plus, exige une certaine quantité de calorique pour être vaporisée. Le bois présente, en outre, des différences de composition qui ont leur intérêt au point de vue calorifique.

Les bois les plus employés comme combustibles sont :

Le bouleau, le chêne, le pin, le sapin, le tremble.

Il y a avantage à utiliser les bois faciles à fendre; le travail de division du bois est coûteux, on comprend donc qu'il y a un profit réel à diminuer son importance.

Sous le nom de *bourrées* ou *fagots* on désigne des branchages minces, réduits en faisceau.

§ 3. — Combustibles liquides.

Les huiles minérales n'ont pas encore trouvé grand accueil en Céramique. A part la Russie, où l'on a cherché à tirer parti du pétrole le plus possible, les installations faites en Europe ont été surtout des essais.

Le *pétrole brut* a un poids spécifique de 0,75 à 0,98; il est formé de carbures d'hydrogène. Dans les pétroles américains, ce sont les composés de la série des paraffines qui dominent; dans les pétroles russes, ce sont surtout les carbures de la série du naphte que l'on rencontre.

La composition du pétrole est comprise entre 80 et 86 pour 100 de carbone et 12 et 14 pour 100 d'hydrogène. C'est du moins ce que l'on peut déduire d'une série de déterminations effectuées sur treize échantillons de pétroles.

A côté du pétrole se place le *masut*. C'est un résidu du raffinage des pétroles. Le masut est une huile lourde, épaisse, noirâtre, qui bout à 300° et ne s'enflamme que vers 700°. C'est un mélange de carbures de la série de l'éthylène, contenant

88 pour 100 d'hydrocarbures et 12 pour 100 d'hydrogène. En Russie, la consommation de ce combustible est considérable.

L'emploi de ces liquides pour le chauffage des fours présente quelques difficultés. Il faut volatiliser le produit, puis le mélanger à l'air. On a proposé successivement les foyers à cuvettes, les foyers à gouttes et les foyers à pulvérisateurs. Dans ce dernier système le liquide lancé dans un körting sort pulvérisé et est brûlé sous cette forme ([1]).

§ 4. — Combustibles gazeux.

On emploie comme combustibles dans l'industrie des gaz constitués principalement soit d'oxyde de carbone, soit de carbures d'hydrogène. Le gaz d'air, le gaz d'eau et le gaz naturel peuvent être utilisés pour la cuisson des poteries.

Gaz d'air ou des générateurs. — Le gaz est produit par le passage de l'air sur du charbon rouge contenu dans un foyer spécial. Le gaz carbonique qui se produit au début de la combustion est ramené à l'état d'oxyde de carbone par le charbon en excès. On maintient du reste une couche de combustible suffisamment épaisse pour qu'il se produise uniquement de l'oxyde de carbone. L'oxyde de carbone est accompagné de l'azote de l'air atmosphérique, de sorte que l'on peut considérer le gaz comme un mélange d'azote et d'oxyde de carbone.

La transformation du carbone en oxyde dégage 29400^{cal}; la combustion de l'oxyde de carbone donne du gaz carbonique et correspond comme production de calories à la différence des deux réactions

$$C + O = CO + 29400^{cal},$$
$$C + O^2 = CO^2 + 97\,600^{cal},$$

soit $68\,200^{cal}$ pour 12^{kg} de charbon. Si le gazogène était immédiatement voisin des fours, la perte, résultant de la formation

([1]) On trouvera des détails sur ces appareils dans *Tonindustrie Zeitung*, 1900, n° 80, p. 1162 et *M. S. I.*, 1900, n° 3, p. 302. *Voir* aussi Нефтяное Отопленіе, par СТ. Гулишамбаровъ, édité à Saint-Pétersbourg.

de l'oxyde de carbone non utilisé, serait relativement peu sensible, mais, dans une distribution de gaz dans un four, il y a forcément un long circuit de tuyauterie dans lequel des refroidissements se produisent. On n'utilise donc réellement que la combustion de l'oxyde de carbone. Comme le gaz de générateurs provient de l'oxydation incomplète du carbone dans l'air, ce gaz contient, outre l'azote renfermé dans l'air atmosphérique, de l'hydrogène et du méthane, ainsi que de l'acide carbonique produits par la réaction de la vapeur d'eau sur le charbon au rouge.

La décomposition de la vapeur d'eau (18^{kg}) exige 28000^{cal}. Cette circonstance doit être prise en considération puisque l'air atmosphérique est toujours humide. On sait depuis longtemps qu'en plaçant de l'eau dans le cendrier on ménage les grilles et la maçonnerie ([1]).

Le gaz à l'air contient toujours une certaine quantité de gaz carbonique, qui abaisse le calorique latent et qui provient de la dissociation de l'oxyde de carbone. Cette dissociation, difficile à éviter, surtout aux basses températures, rend compte aussi des dépôts de suie dans les conduites et les collecteurs des gazogènes. Lorsque la gazéification se fait dans de mauvaises conditions, la proportion de gaz carbonique peut être assez élevée par suite d'une combustion complète d'une plus grande quantité de charbon. Des expériences ont montré, en effet, qu'un courant d'air passant sur du coke chauffé au rouge donnera lieu à la formation de gaz carbonique avec traces d'oxyde de carbone, si la vitesse d'écoulement de l'air est suffisamment grande.

D'après des recherches récentes ([2]) on sait que la formation de l'oxyde de carbone aux dépens du gaz carbonique et du charbon commence vers 500°, du moins elle est déjà sensible à cette température. La réduction croît très vite avec la température;

([1]) On trouvera d'intéressants détails sur les gazogènes et leurs conditions de fonctionnement dans les Mémoires publiés par : EBELMEN, *Ann. des Mines*, 1841 et 1843, et LURMANN, *Stahl und Eisen*, 1903, p. 434 et 515, et *Mon. scient.*, 1905, p. 34.

([2]) BOUDOUARD, *Recherches sur les équilibres chimiques*, p. 70 et suiv.

la transformation est de 99,3 pour 100 à 1000°. Aux températures inférieures à 1000°, la transformation du gaz carbonique en oxyde de carbone est *limitée*.

La réaction

$$CO^2 + C = 2CO$$

est fonction de plusieurs facteurs. Les meilleures conditions sont les suivantes :

1° Température aussi élevée que possible;

2° Grande porosité du combustible;

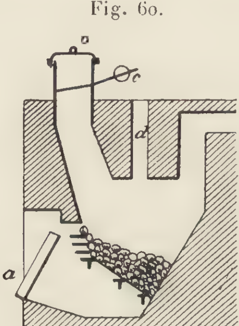
3° Extrême division du combustible;

4° Courant gazeux avec vitesse minima.

Le gaz de gazogène contient en moyenne : oxyde de carbone 20 à 26 pour 100, hydrogène 2 à 10 pour 100, gaz carbonique 4 à 7 pour 100, carbures 2 à 7 et azote 55 à 65 pour 100.

Les générateurs ont reçu de multiples dispositions. Voici, comme type, le gazogène Fichet. Il se compose d'une cuve en

Fig. 60.



briques réfractaires, fermée à sa partie inférieure par une grille inclinée. Une porte creuse *a* placée en avant permet de régler l'allure de l'appareil; elle est munie, à cet effet, d'une ouverture inférieure donnant sur l'air extérieur et d'une ouverture supérieure faisant face au foyer. L'air traverse ces deux ouvertures et s'échauffe légèrement avant d'arriver au charbon. On ouvre plus ou moins l'ouverture inférieure, de manière à laisser passer une quantité d'air convenable.

L'introduction du combustible se fait par la partie supérieure;

on enlève le couvercle *b* et l'on verse le charbon. Une fois la cavité remplie, on soulève le contrepoids *c* pour laisser tomber le combustible sur la grille après avoir fermé. Ce dispositif a pour but de ne pas laisser pénétrer d'air dans le gazogène.

D'après ce que nous avons dit plus haut, la transformation du charbon en oxyde de carbone représente 30 pour 100 du pouvoir calorifique total. Le gazogène d'air diminue donc *a priori* le rendement calorifique total, seulement il permet l'adoption d'appareils avantageux pour la cuisson.

Gaz d'eau. — On appelle ainsi le gaz produit par l'action de l'eau sur le charbon au rouge. La réaction produite dépend des conditions de la réaction.

Si la température est suffisamment élevée, c'est la réaction (1) qui a lieu :

$$(1) \qquad C + H^2O = CO + H^2;$$

à température moins élevée, c'est la réaction (2) qui se produit :

$$(2) \qquad C + 2H^2O = CO^2 + H^4.$$

Il faut tenir compte aussi de deux réactions secondaires :

$$H^2O + CO = CO^2 + H^2,$$
$$2C + 2H^2O = CH^4 + CO^2.$$

La première nous montre que l'oxyde de carbone peut décomposer la vapeur d'eau. Ce phénomène a lieu dès 625°; il peut être empêché en maintenant le carbone en excès, ce qu'il est facile de réaliser dans le générateur.

Le gaz obtenu par ces réactions contient toujours des quantités notables d'hydrogène. De nombreuses tentatives ont été faites pour utiliser les gaz ainsi produits. Dans l'appareil de Dowson on lance de l'air, entraîné par un jet de vapeur, sur du charbon rouge. 1^{kg} d'anthracite donne $4^{m^3},8$ de gaz; ce gaz peut fournir, par mètre cube, 1345^{cal}.

On désigne ce genre de gaz sous le nom plus spécial de *gaz*

mixte, puisqu'il est obtenu avec un mélange d'air et de vapeur d'eau.

Le gaz à l'eau ne peut être obtenu d'une manière continue puisqu'il demande un apport d'énergie calorifique, ce qui amène un refroidissement de la masse de charbon. Il faut parer à cet inconvénient en injectant de l'air dès que l'action de la vapeur a refroidi la masse. A Essen (Westphalie), pour la préparation du gaz à l'eau on injecte de la vapeur dans un cylindre renfermant le charbon, pendant 4 minutes; il se produit pendant ce temps du gaz à l'eau. Puis, pendant 11 minutes on souffle de l'air, ce qui donne du gaz de générateur. On continue, en alternant toujours, l'action de la vapeur d'eau et celle de l'air. La transformation continue exigerait le maintien à une température élevée de la masse de charbon; ce dispositif a été reconnu comme dispendieux. On a fait divers essais avec le gaz mixte. A Wirges, dans la Hesse-Nassau, on a construit un four utilisant le gaz d'eau en même temps que le charbon. Au lieu d'alimenter la combustion avec un gazogène d'eau, on produit le gaz dans le four lui-même. Le combustible, qui est du coke dans le cas présent, est introduit dans le four comme dans l'appareil Hoffmann, c'est-à-dire par la partie supérieure, et tombe sur une grille. Un jet de vapeur lancé par-dessous vient produire du gaz d'eau au contact du charbon incandescent.

Gaz naturel. — On trouve en Amérique des gaz carburés naturels qui se dégagent du sol en quantité suffisante pour le chauffage. Le gaz est surtout riche en méthane.

Sa teneur s'élève jusqu'à 93 pour 100 de méthane, accompagné d'azote 3 pour 100 et d'hydrogène 2 pour 100.

Le gaz naturel est employé couramment et en grande quantité comme combustible pour les cuissons céramiques, aux États-Unis, à l'East-Liverpool (Ohio) et à Wheeling (Virginie de l'Est) dans au moins 30 usines. Le Dr Hermann Zimmer, auquel je dois ces renseignements, l'a employé de 1891 à 1901 avec pleine satisfaction. Un manque de pression de 1892 à 1893 l'a obligé momentanément à recourir au chauffage au charbon, mais il a pu constater les nombreux avantages qu'apporte ce

genre de combustible. Les couvertes colorées (bleu de roi, pinck, etc.), venaient avec un brillant et une coloration que le chauffage au charbon n'a jamais permis d'atteindre. Ce combustible a été utilisé pour cuire de la faïence fine, de la porcelaine phosphatique et même de la porcelaine dure.

§ 5. — Observations sur la combustion.

Pour obtenir la combustion d'une matière, deux conditions sont nécessaires : il faut porter le corps à une température suffisamment élevée (température d'inflammation) et lui fournir une quantité suffisante d'oxygène.

Si nous nous trouvons en présence d'un combustible dégageant des goudrons, par exemple, et si les gaz produits ne sont pas suffisamment chauds, une partie de ces vapeurs goudronneuses va se condenser et ne pas brûler. D'autre part, par suite d'un manque d'oxygène, la combustion peut ne pas s'effectuer complètement; du carbone très divisé se sépare des composés carbonés décomposés par la chaleur. Il y a alors production de fumée; la fumée est constituée par la présence de particules solides soit de goudrons, soit de carbone, très divisées et disséminées dans le courant gazeux qui sort des appareils.

Quand on emploie des combustibles gazeux, le phénomène n'est pas toujours le même que précédemment. Si le gaz provenant du générateur entraîne des goudrons, il se peut que dans des endroits froids il y ait des condensations; mais, s'il y a combustion incomplète, le combustible ne contenant pas de matières carburées de même ordre, il n'y aura pas de dépôt de charbon à l'état de suie, le gaz combustible sera seulement en excès.

En céramique il est nécessaire, dans certains cas, de donner à la cuisson une allure déterminée : oxydante ou réductrice. Dans le premier cas les matières chauffées exigent, pour éviter des transformations néfastes, un excès d'oxygène; on ne peut atteindre ce résultat qu'en conduisant les foyers de manière à obtenir une combustion complète des produits en présence d'une quantité d'air supérieure à celle qu'exige leur complète

oxydation. Dans le second cas, au contraire, il devient indispensable de laisser des matières non brûlées, et surtout des matières charbonneuses, dans la flamme. On arrive à ce résultat en restreignant l'arrivée de l'air et en maintenant un excès de combustible dans les foyers.

Il ne faut pas confondre le rétrécissement d'un foyer avec le rétrécissement d'une entrée d'air. Dans les fours chauffés avec des alandiers au bois ([1]), la diminution de l'alandier amène une augmentation de vitesse de l'air qui passe alors plus vite sur une quantité moindre de combustible; l'élargissement de l'alandier conduit à étaler une plus grande surface de combustible que traverse de l'air animé d'une plus faible vitesse que dans le premier cas.

§ 6. — Comparaison des divers combustibles.

On appelle *pouvoir* ou *puissance calorifique*, ou encore *chaleur de combustion* d'un corps, la quantité de chaleur dégagée par la combustion d'une quantité déterminée de ce corps brûlé par l'oxygène.

La connaissance des chaleurs de combustion a un grand intérêt puisque seule elle permet de se faire une idée de la valeur d'un combustible. La meilleure méthode de détermination est la méthode calorimétrique avec combustion dans la bombe ([2]).

On a adopté en Allemagne la formule suivante pour le calcul de l'effet calorimétrique d'une substance charbonneuse dont on connaît la composition :

$$p = 8000\,C + 29\,000\left(H - \frac{O}{8}\right) + 2300\,S - 600\,W.$$

Dans cette formule, C, H, O, S représentent la teneur pour 100 en carbone, hydrogène, oxygène et soufre, W la somme de l'eau hygrométrique et de l'eau combinée.

([1]) *Voir* plus loin.

([2]) Scheurer-Kestner, *Rev. gén. Chim. pure et appliquée*, t. I, p. 401, 455.

Ce sont les combustibles riches en hydrogène qui dégagent le plus de chaleur, puis viennent les gaz carbonés et les gaz de gazogène. Nous rappelons que :

	cal
1^{kg} d'hydrogène se transformant en H^2O dégage.	29360
1^{kg} de carbone se transformant en CO^2 dégage..........	8080
1^{kg} d'oxyde de carbone se transformant en CO^2 dégage...	2428

II. — FOURS.

Les appareils destinés à la cuisson des poteries sont très nombreux. Malgré la diversité des types, nous pourrons les ramener à deux groupes bien distincts : les fours intermittents et les fours continus. Dans la première division, nous distinguerons les fours à axe vertical et les fours à axe horizontal. La flamme provenant d'un foyer traverse horizontalement le four dans le premier cas et verticalement dans le second. Les fours continus sont moins commodes à sérier par suite de la diversité des principes qui ont présidé à leur construction. Nous trouverons aussi des fours continus à axe horizontal, mais nous rencontrerons également des modèles plus compliqués sur lesquels nous insisterons lors de leur description.

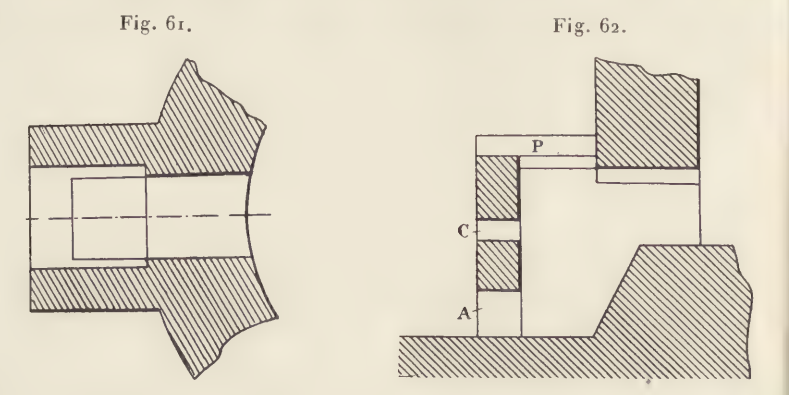
Dans les fours primitifs on se contente de réserver en avant ou sur les côtés, ou en dessous du four, un certain espace en communication avec la chambre à cuire. C'est dans cet espace que l'on brûle le combustible.

Les fours plus perfectionnés où l'on cuit la porcelaine, la faïence, ont, au contraire, des foyers spécialement disposés qui permettent une meilleure combustion. Le foyer, dit *alandier,* a généralement la forme d'une cuve quadrangulaire adossée au mur du four ou encastrée dans sa paroi. Ce genre de foyers a reçu des dispositions différentes suivant le combustible adopté. Dans tous les alandiers, la paroi adhérente au four est traversée par une ouverture permettant l'entrée de la flamme.

L'alandier au bois est ordinairement construit comme nous le représentons. Il est ouvert à sa partie supérieure et les deux murs latéraux ont reçu un rebord en briques P destiné à main-

tenir le bois. A la partie inférieure de la face se trouve une sorte de porte A. Vers le milieu de la même paroi, on a ménagé

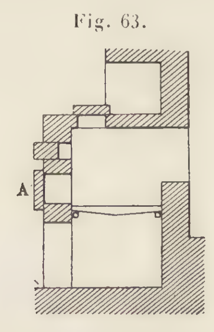
Fig. 61. Fig. 62.



une autre ouverture C, plus petite, fermée par une pièce mobile, le *cavalier.*

Quand on commence le feu, l'ouverture supérieure est fermée; on a jeté du gros bois entrecroisé qui brûle lentement. Le bois, en brûlant, donne de la braise dont la quantité va en augmentant. Au bout d'un nombre d'heures assez grand, elle a presque atteint le cavalier. Le four, à ce moment, commence à être très chaud; on ferme alors l'ouverture inférieure A et l'on

Fig. 63.



pose sur la partie supérieure, alors découverte, du bois fendu, posé horizontalement. Ce bois est suffisamment long pour reposer sur les deux murs latéraux; on l'a coupé assez court pour qu'il puisse entrer entre les deux rangs de briques formant butoir ou portée. Le rayonnement de la braise est suffisant pour

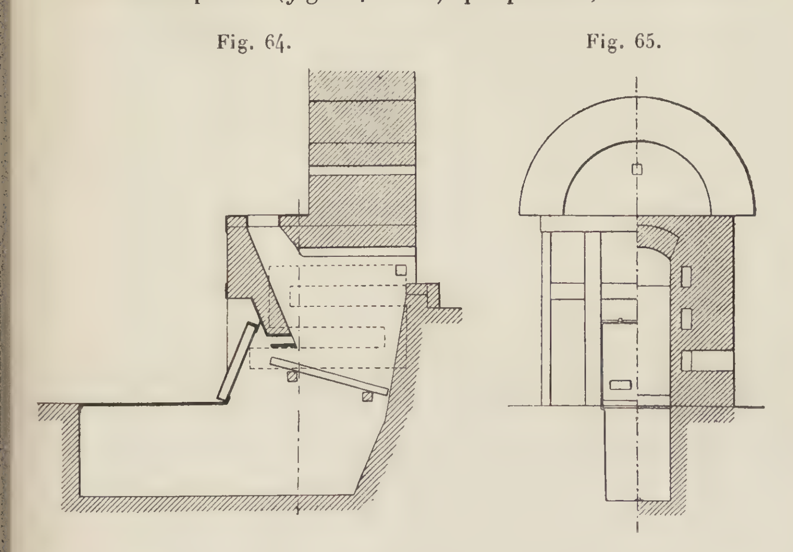
amener le bois à distiller et porter les gaz à leur point d'inflammation. Le bois brûle alors, alimenté par un courant d'air qui traverse le combustible de bas en haut.

Pour régler la combustion, on se sert d'une large brique ayant la longueur du bois et que l'on fait glisser entre les butoirs de la portée. En l'avançant ou en la reculant, on augmente ou on diminue la section de la surface de combustion.

L'alandier au charbon a la même forme, mais il est fermé par une grille à sa partie inférieure. L'air arrive par-dessous, le combustible s'introduit par une ouverture supérieure. Il n'est pas facile de régler la combustion aussi aisément avec un semblable foyer qu'avec un alandier au bois. Si le combustible est introduit par petites quantités, on laisse pénétrer de l'air froid chaque fois que l'on charge; si l'on place une couche épaisse de houille sur la grille, on se trouve presque toujours avec un four en allure réductrice. Aussi a-t-on cherché de nombreux dispositifs pour rendre l'alandier au charbon plus maniable.

Voici un dispositif (*fig.* 64 et 65) qui permet, dans une cer-

Fig. 64. Fig. 65.



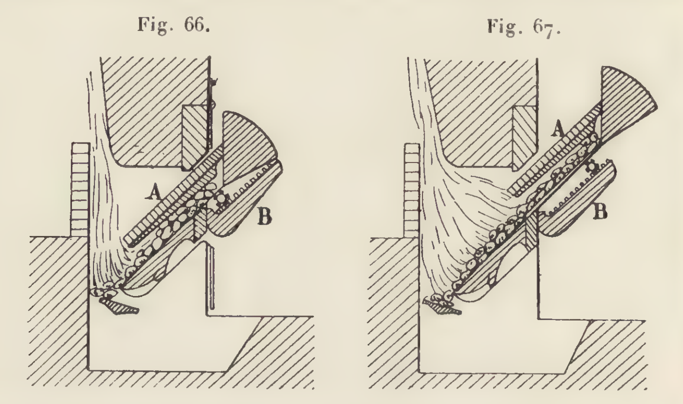
taine mesure, de mieux régler l'introduction de l'air dans le foyer : Une porte, dont on voit la coupe, ferme l'accès de l'air sous la grille. Son fonctionnement a déjà été expliqué à propos

du foyer gazogène. En ouvrant plus ou moins l'orifice inférieur, on laisse passer de l'air en quantité plus ou moins considérable. Sur les côtés, on a ménagé deux ouvertures en relation avec des conduits ménagés dans les parois latérales de l'alandier (représentés en pointillé) et venant déboucher dans l'alandier. En ouvrant les ouvertures, on laisse arriver de l'air, qui s'échauffe par son passage dans la maçonnerie chaude et vient aider la combustion des gaz du foyer.

Dans l'alandier Kraft, on peut à volonté régler la surface de grille du foyer. Une plaque de terre réfractaire A peut, au moyen d'une crémaillère, descendre sur la grille et rétrécir le foyer, si on le juge nécessaire. Les figures montrent ces deux positions.

Dans le foyer alandier, il ne faut pas croire que la combustion

Fig. 66. Fig. 67.



soit complète; il se produit une gazéification du combustible qui va brûler plus loin dans le four.

Les fours à gaz emploient des brûleurs très simples. Le gaz est enflammé à sa sortie d'un carneau et se mélange à l'air ambiant.

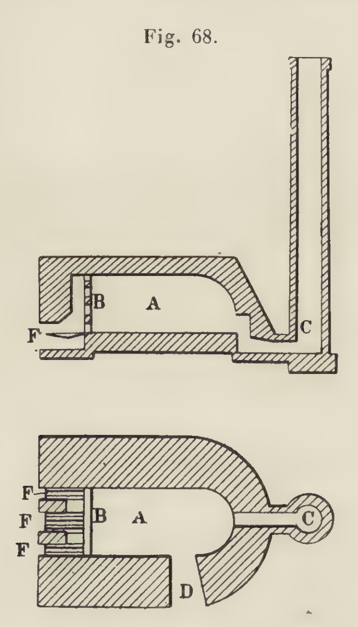
Dans les fours à gaz naturel, le brûleur est différent. Il a la forme d'un large bec Bunsen. Trois de ces brûleurs occupent la place d'un alandier ordinaire au charbon.

§ 1. — Fours intermittents.

Fours à axe horizontal. — Nous donnerons comme exemple de ces fours, appelés encore *fours couchés,* un four très connu

en Allemagne sous le nom de *four de Cassel.* Ce four comprend une chambre A dans laquelle sont disposés les produits à cuire, le laboratoire est de forme prismatique et allongée. A l'une de ses extrémités se trouve un foyer F, simplement formé par une

Fig. 68.



grille sur laquelle on jette le charbon qui sert de combustible. Une paroi B à jour, formée de briques disposées à claire-voie, laisse passer les flammes qui, après avoir traversé A dans toute sa longueur, viennent sortir par la cheminée C. Une porte D se trouve sur le côté, elle est murée pendant la cuisson ; elle sert à l'enfournement et au défournement.

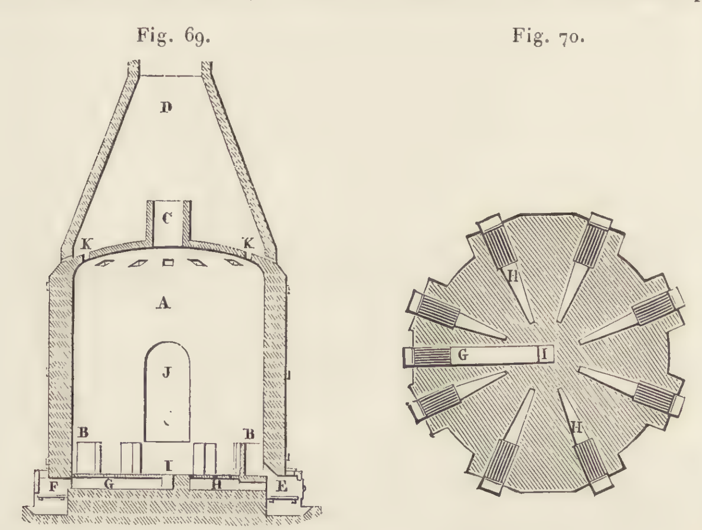
Ce modèle de four a comme mesures extrêmes : hauteur de $1^m,5$ à $2^m,7$, largeur de 2^m à 4^m et longueur de 3^m à 8^m.

On accole souvent ces fours deux par deux, en leur donnant une cheminée commune.

Fours à axe vertical. — Ce genre de four est beaucoup plus répandu que le précédent. Il comprend une série de foyers disposés tous autour du four. La flamme monte directement dans le laboratoire puis de là s'échappe par la cheminée. Nous pren-

drons comme exemple un four à cuire la faïence, cité dans les Ouvrages sous le nom de *four de Creil et Montereau*. La flamme, venant des foyers latéraux E, entre dans le four par

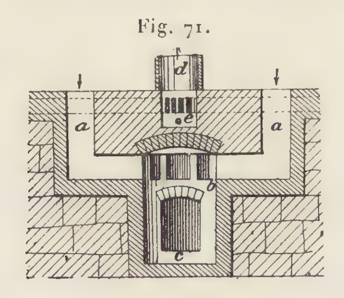
Fig. 69. Fig. 70.



deux carneaux : l'un horizontal H, qui conduit au centre du four, l'autre vertical B, qui amène la flamme directement dans le laboratoire. L'alandier F a pour mission de chauffer le point central.

On a cherché dans d'autres modèles à tirer parti de la flamme dans toute sa longueur; au lieu de laisser les gaz incandescents monter dans le four et sortir par une cheminée supérieure, la

Fig. 71.



flamme monte jusqu'à la voûte du four, puis, ne trouvant d'issue que dans la sole, elle redescend et vient sortir par des carneaux en relation avec la cheminée.

Ce mode de construction amène à bâtir sous la sole une quantité de conduits, les uns *e* allant des alandiers ou foyers des fours au centre de la sole, les autres *a* réunissant les carneaux de sortie.

On peut adresser de nombreuses critiques à ce modèle de four. Rien ne prouve, en effet, que les gaz de la combustion suivent, au sortir du foyer, les deux routes indiquées et se partagent suivant les désirs du constructeur. Néanmoins ce système de four est très employé par les faïenciers.

Dans la fabrication de la porcelaine on se sert de fours à plusieurs étages. Au rez-de-chaussée on cuit la porcelaine et au premier étage on donne à la matière un premier coup de feu. On a même, dans certains fours, adopté une construction plus

Fig. 72.

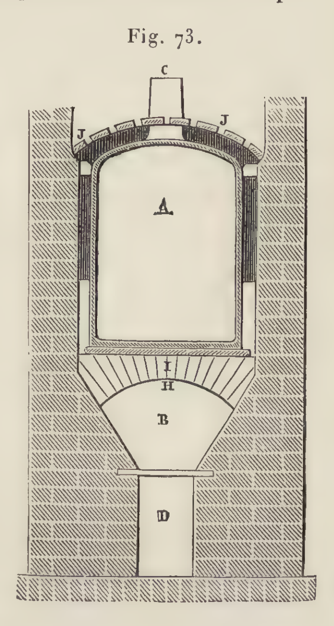


Fig. 73.

compliquée et donné au four un étage supplémentaire. Dans la région intermédiaire on cuit la gazetterie, par exemple.

Aux fours à axe vertical nous pouvons rattacher les moufles qui servent à cuire le décor.

Les moufles ne sont que des fours particuliers destinés à subir des températures moins élevées que les fours ordinaires. Ils

sont disposés de manière que les matières à cuire soient protégées des apports par les gaz du foyer. Dans ses parties essentielles le moufle est formé par une boîte en terre cuite placée au-dessus d'un foyer. Les flammes montent le long de ses faces et sortent au-dessus de son sommet, de sorte que le moufle est complètement entouré par les flammes pendant la chauffe. Le devant du moufle est mobile; il se compose de briques de terre réfractaire que l'on assujettit une fois le chargement effectué. En avant de cette cloison on établit un deuxième mur qui vient fermer le foyer. De cette manière les gaz du foyer peuvent entourer les quatre faces verticales sans perdre de chaleur par rayonnement.

§ 2. — Fours continus.

La chaleur abandonnée par un four qui refroidit est de la chaleur perdue. Si l'on pouvait l'utiliser pour échauffer des produits à cuire il y aurait une économie réelle dans les frais de cuisson. Imaginons, par exemple, une galerie dont une tranche est remplie de produits céramiques cuits, encore chauds, la tranche suivante renferme des produits que l'on chauffe, enfin une troisième tranche contient des produits à cuire. Si l'on fait passer un courant d'air allant des produits cuits aux produits froids, voici ce qui se produira. L'air refroidira la portion encore chaude et s'échauffera, il viendra produire la combustion des gaz du foyer, puis entraînera les gaz brûlés et chauds sur les pièces à cuire. Ce dispositif permettra d'abord de chauffer l'air destiné à la combustion, première économie; ensuite de chauffer la portion à cuire jusqu'à une certaine température, sans dépenser de combustible. On comprend très bien que si des foyers sont disposés le long de la galerie, il est possible de placer de nouvelles tranches de produits à cuire, pendant qu'une tranche cuit, et d'effectuer la cuisson de proche en proche en déplaçant le feu. L'air nécessaire à la combustion sera toujours chauffé par les produits déjà cuits, et les gaz de la combustion échaufferont constamment des produits à cuire.

Cette idée a été réalisée de diverses manières et actuellement

on peut considérer les fours continus comme appartenant à deux types distincts : les fours à foyer mobile et les fours à foyer fixe.

Fours à foyer mobile et à chambres. — Le modèle le plus simple est le four primitif imaginé par Hoffmann pour la cuisson des briques.

Ce four se compose d'une galerie circulaire dans laquelle on a accès par une série de portes équidistantes. De place en place, dans la galerie, on a ménagé des ouvertures que des registres mettent en communication avec des carneaux allant à une cheminée centrale.

Imaginons que le four soit allumé pour la première fois. On a d'abord enfourné une quantité de briques suffisante, puis, au moyen de grilles, on a disposé en O un foyer auxiliaire destiné à chauffer les briques. Le registre H correspondant à l'extrémité du tas de briques est ouvert et relie la portion du four chauffée avec la cheminée.

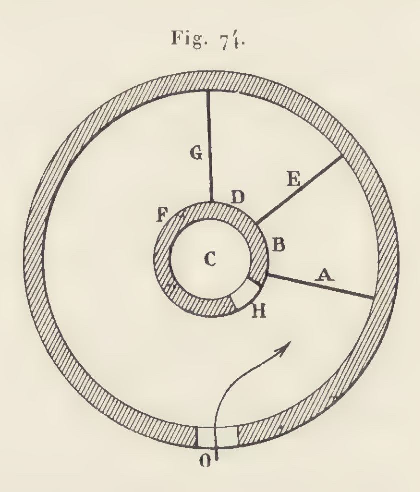
Par une ouverture supérieure on a fait descendre une plaque de tôle A qui ferme la galerie, un peu après le registre. Les portes situées le long du tas de briques sont fermées jusqu'à la plaque de tôle A et les gaz chauds n'entrent que par la porte laissée ouverte derrière le tas.

Une fois les briques portées au rouge on cesse d'alimenter le foyer auxiliaire, et le combustible destiné à entretenir la combustion est introduit par des orifices que l'on peut ouvrir dans la partie supérieure du four. On a eu le soin de disposer les briques de manière à former un puits, qui servira de foyer, audessous des trous de charge. Les briques sont même aménagées de manière à ne pas donner une surface trop lisse; la pile présente des briques en retrait de manière que du combustible reste suspendu dans toute sa hauteur.

Pendant que cuit la première charge de briques on enfourne d'autres briques derrière la cloison de tôle. On place une autre cloison E après cette nouvelle charge et, après avoir enlevé le premier diaphragme A, on ouvre le registre suivant B et l'on ferme le premier H. Les gaz de la combustion traversent alors le tas de briques fraîches, le dessèchent et élèvent sa température.

Pendant toute la durée de la cuisson l'enfournement se continue de proche en proche, de sorte que, lorsque la première série de briques est cuite, une nouvelle tranche de briques a été placée derrière la cloison E. On place une cloison en G, on ouvre le registre en D, après enlèvement de la cloison en F, et l'on ferme le registre en B. A ce moment le four est en marche normale; on jette le combustible par les orifices voisins des

Fig. 74.



briques cuites et l'on commence la cuisson de la deuxième partie. L'air passe toujours sur des briques cuites et chaudes et les gaz sur des briques crues.

La manœuvre est maintenant toujours la même; elle consiste à enfourner tout le temps du travail et à défourner les briques froides après ouverture des portes correspondantes. A mesure que la cuisson s'opère, on fait avancer le feu en jetant le combustible par les orifices les plus voisins, en déplaçant la cloison, en ouvrant et fermant les registres convenables.

La figure indique les différentes phases que nous venons de décrire.

Dans certains cas le contact du combustible avec les produits est préjudiciable à la qualité de ces derniers. L'emploi du gazogène est tout indiqué et nous verrons plus loin les solutions adoptées par les constructeurs.

Au lieu d'une galerie dans laquelle se déplace le foyer on peut concevoir une série de fours adossés, disposés de telle sorte que les gaz du deuxième four traversent le troisième et que l'air servant à la combustion arrive dans le four 2, après avoir traversé le four 1, alors en refroidissement. Cette manière de comprendre la question n'est pas aussi récente qu'on le croît généralement; d'après Bruno Kerl ([1]), elle était déjà appliquée en 1776. Dans les fours continus à chambres, les chambres sont disposées à la suite les unes des autres et la combustion s'opère successivement dans chacune d'elles. Le combustible employé sera le gaz de gazogène.

Un des fours les mieux conçus dans cet ordre d'idées est le four de Mendheim : nous allons en donner la description.

Le four de Mendheim se compose d'une série de chambres que l'on dispose en deux séries parallèles. L'appareil que nous représentons comprend dix-huit chambres. Dans la coupe horizontale on a figuré en pointillé la canalisation $d^1 d^2$ qui amène le gaz des gazogènes a et a_1. Les registres qui permettent de faire passer le gaz dans les chambres sont figurés en e. Les chambres extrêmes I et XVIII, IX et X, sont reliées par des canaux g^1 et g^2. Dans le milieu du four court un canal i allant à la cheminée K. Ce canal passe entre les deux rangées de chambres; les registres h mettent les chambres en communication avec le canal i.

Le gaz arrive par le canal d correspondant au registre e levé, et monte par les petits orifices s dans la sole. Chaque orifice s vient déboucher dans un canal qui longe un canal d'arrivée d'air. Les canaux d'arrivée d'air communiquent tous par l'intermédiaire de m avec la chambre précédente.

Les deux conduites de gaz sont commandées par deux registres c_1, c_2 donnant le gaz à droite ou à gauche.

Prenons un exemple pour faire comprendre le fonctionnement. Supposons que la chambre VIII soit en chauffe. Le gaz, par l'intermédiaire de c_1 et du registre e, situé en face de VIII, entre dans d et vient brûler dans cette chambre. Les flammes sortent

---

([1]) *Thonwaaren Industrie*, p. 426.

par des ouvertures que nous avons figurées seulement en I, mais qui se répètent dans chaque chambre. La combustion est

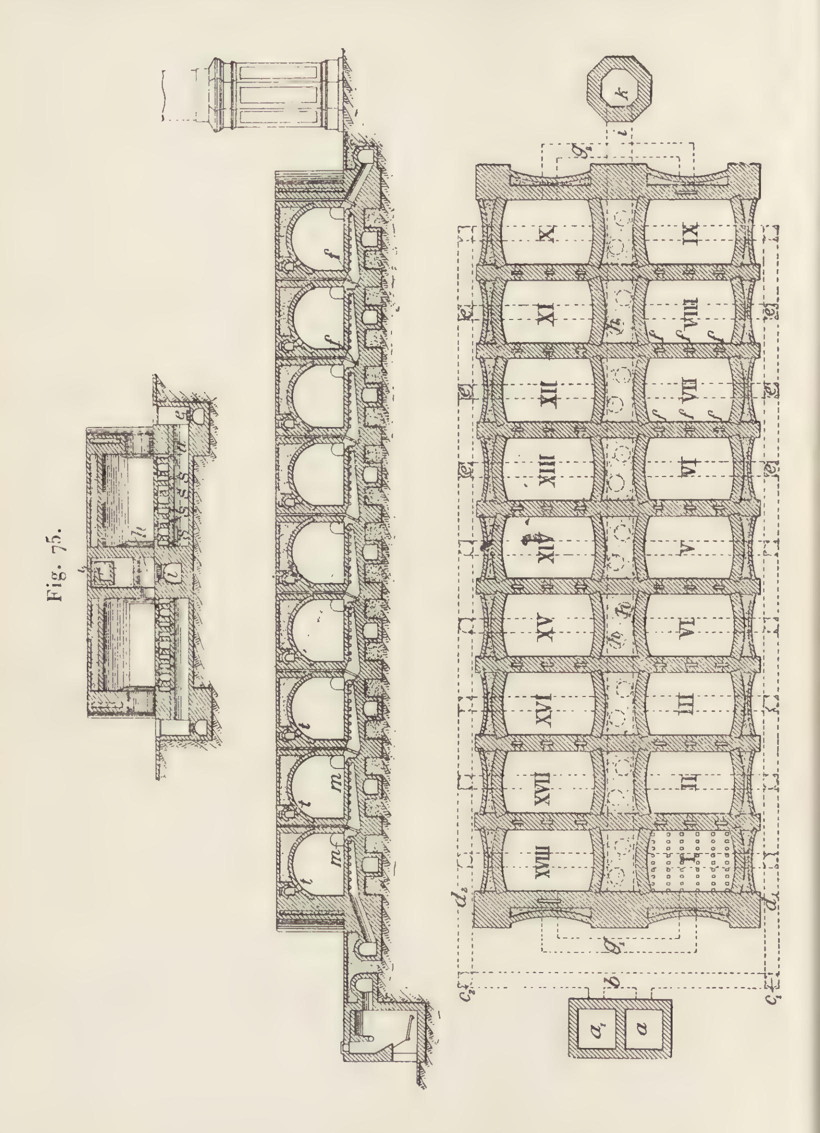


Fig. 75.

alimentée par de l'air chaud qui a traversé des chambres en refroidissement V, VI et VII. L'entrée de l'air dans les chambres

qui refroidissent se fait par l'intermédiaire des ouvertures *f*; cet air passe par *m*, arrive sous la sole, se mélange au gaz et brûle. De VIII les gaz vont dans IX, X et XI. A la suite de XI on a ouvert le registre *h* correspondant qui relie la suite de chambres avec *i* et la cheminée. Par les ouvertures *f* on peut faire descendre des registres de tôle qui vont fermer en *m* la communication d'une chambre avec la suivante.

Dans la figure on peut voir un canal *l* au-dessus de *i*; ce canal *l* est relié par les canaux *t* aux chambres de combustion. Un registre, sur le trajet, ouvre ou ferme la communication. Voici l'utilité de ces organes accessoires. La combustion et l'évaporation produisent de la vapeur d'eau, il se peut que les gaz renferment alors une très grande quantité de vapeur dont la condensation sur les pièces serait désastreuse. On ouvre alors le registre reliant *t* et *l* et les gaz chauds traversant ce canal sont dirigés sur une autre chambre froide; on évite ainsi le dépôt de l'eau sur les pièces froides.

Le four de Mendheim a reçu de nombreuses applications. C'est, parmi les fours à gaz, un de ceux qui ont les meilleurs états de service. On le construit avec un nombre de chambres plus ou moins grand et l'on donne à ces dernières des dimensions variables avec le débit et la nature du produit. Dans certains fours les chambres atteignent 57^{m^3} (fabrique de carreaux de la Société Boch et Villeroy, à Merzig). Le nombre des chambres a été porté jusqu'à 22 et même à un nombre plus élevé.

Cet appareil a reçu des transformations depuis sa création. L'entrée et la sortie des gaz dans les chambres ont été modifiées et la figure nous montre un autre dispositif qui me semble facile à saisir sur le dessin, grâce aux flèches indiquant le sens du courant gazeux.

Comme autre exemple on peut citer le four de Siebert. C'est un four à chambres comme l'appareil précédent, seulement il se distingue par la mobilité du foyer. Le gazogène est fixé sur un wagon glissant sur rail et se déplaçant le long des chambres. Deux gazogènes sont nécessaires, un de chaque côté du four. On amène le gaz au moyen d'un raccord tubulaire mobile.

Les moufles, auxquels on a cherché à appliquer le principe de la continuité, sont rarement construits avec foyer mobile. M. Mendheim a établi pourtant des batteries de moufles chauffés au gazogène et disposés pour fonctionner comme les

Fig. 76.

Fig. 77.

fours continus. Pendant que le gaz chauffe un de ces moufles, les gaz de la combustion passent autour du moufle suivant; l'air servant à la combustion provient du passage sur le moufle précédent qui est en refroidissement.

Fours à foyers fixes. — Dans le four dit *four-canal* [1], le foyer est toujours au même endroit du four et ce sont les produits à cuire qui viennent traverser la chambre de chauffe. Le four-canal de Bock est construit sur ce principe. Il comprend un tunnel dont le milieu est occupé par la chambre de chauffe. Le tunnel est droit et les matériaux à cuire, portés sur des wagonnets, circulent dans toute sa longueur. La partie intérieure du tunnel porte une voie de chemin de fer. Les wagons sont formés par une plate-forme métallique montée sur roues; un lit de matière réfractaire repose sur ce plateau et constitue la sole. On serre tous les wagons les uns contre les autres de manière à constituer une sole ininterrompue. Cette sole forme une séparation horizontale qui isole de la chaleur du tunnel tout ce qui se trouve au-dessous d'elle. On doit réaliser aussi

---

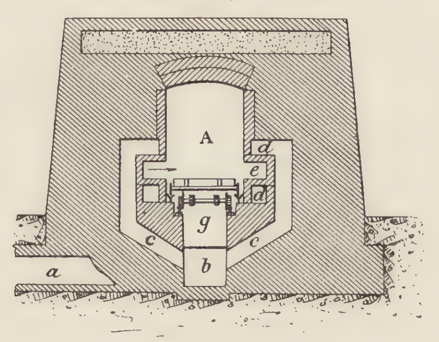
[1] C'est Demimuid, en France, qui semble avoir eu le premier l'idée du four-canal, en 1853.

bien que possible cet isolement. Ici les bords de la plate-forme sont rabattus et plongent dans une rainure latérale pleine de sable.

Le gaz arrive par *b*, monte par *c*, passe en *d* et vient brûler



Fig. 78.



au sortir de *e*, où il rencontre de l'air. Au moyen de chaînes, on tire les wagons. Le mouvement de l'air suit le sens inverse de celui des produits. Il s'échauffe à la sortie du four et vient se refroidir à l'entrée.

Peu de fours sont encore construits sur ce principe. Cette idée de faire traverser la chambre de chauffe par les produits a été appliquée avec succès, en revanche, pour la construction des moufles continus. On peut même dire que ce sont les moufles qui en ont reçu la première application puisqu'il est fait mention d'un moufle continu, destiné à la cuisson des couleurs, fonctionnant à Vincennes en 1751 ([1]) et construit par Gérin. Les moufles continus sont le plus souvent construits d'après ce système.

Un appareil nouveau, le four Sturm, mérite une mention; il est fondé sur le même principe, mais établi différemment. La sole est circulaire et mobile; elle vient passer devant un foyer fixe. Les essais faits avec cet appareil semblent favorables à l'adoption de ce système. Les renseignements pratiques manquent encore vu la nouveauté de l'instrument. On peut

---

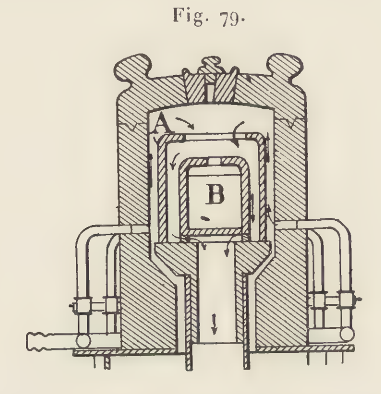
([1]) Hellot, *Rapport au roi Louis XV*.

pourtant lui objecter sa difficulté d'assimilation à un genre déterminé d'industrie. Dans un four-tunnel, il est toujours possible de faire une transformation dans la longueur du tunnel. Avec un four circulaire, cela n'est plus possible; si, pour ralentir l'allure, on désire rallonger le four, cela nécessite une réfection complète, puisque le rayon doit être modifié. De plus, le chargement et le défournement du four se commandent l'un l'autre, alors que dans le four-tunnel on peut mener séparément et indépendamment ces deux opérations.

§ 3. — Fours d'essais.

Pour les essais céramiques il est parfois commode d'avoir un petit four qui permette d'effectuer des cuissons. Le four Perrot peut jusqu'à un certain point être utilisé, il permet de cuire la porcelaine nouvelle de Sèvres. La disposition des becs du four de Perrot a été renversée dans l'appareil de Seger. Le croquis

Fig. 79.



figuré ici est suffisamment explicite pour ne pas nécessiter de longues explications.

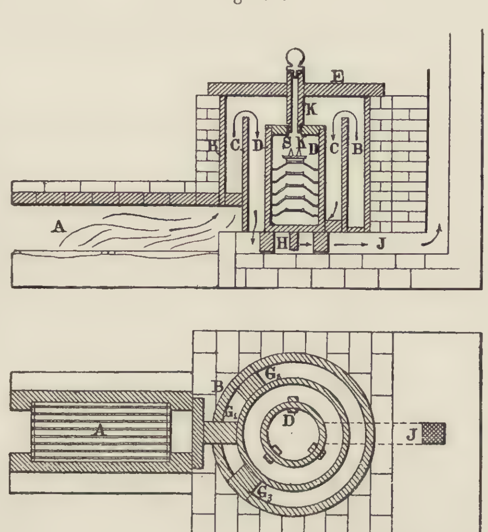
Les becs sont disposés en couronnes au bas d'un cylindre en terre réfractaire. La flamme monte verticalement le long de A jusqu'au sommet puis redescend tout autour d'une boîte B formant gazetterie et redescend dans un conduit central d'évacuation.

Le four primitif a reçu de nombreuses modifications dont l'importance n'est pas assez grande pour mériter une nouvelle description.

La cuisson au four d'essais au gaz peut exposer à de sérieux mécomptes. Un four ainsi construit n'est pas comparable absolument à un four industriel. On peut mieux se rapprocher des conditions de l'industrie en employant un four tel que celui que nous représentons, four que l'on peut chauffer au bois ou au charbon.

Le four est cylindrique (1); du foyer A les gaz de la combustion montent entre B et C, puis redescendent entre C et D et de là vont dans la cheminée. Avec un semblable four on arrive en

Fig. 80.



2 heures et demie à la montre 0,8 de Seger, en 3 heures à la montre 0,6 et en 8 heures à la montre 8. Le four est construit avec des matériaux en terre réfractaire.

La pile centrale a 20^{cm} de diamètre, le cylindre C 38^{cm} et le

(1) *Sprechsaal*, 1901, p. 703.

four 58^{cm}. La hauteur totale de la sole au couvercle E est de 54^{cm}.

Avec les matériaux qui servent à sa confection, il ne faut pas chercher à obtenir des températures plus élevées que la fusion de la montre 8. Ces températures suffisent pour les essais.

Un four de ce genre ne donne pas l'échauffement rapide du four à gaz, c'est un avantage. Il ne faut pas s'imaginer pouvoir transporter dans la fabrication tous les résultats obtenus dans un four à gaz. Son fonctionnement et l'interprétation des résultats demandent du discernement et de l'habileté. Un appareil, comme le dernier que nous venons de décrire, est plus en rapport avec les fours de l'industrie, aussi croyons-nous bon de le signaler. Il peut être établi partout puisqu'il n'exige pas l'emploi du gaz, il est plus économique que les fours du genre Seger, fours qu'il faut considérer comme des appareils de laboratoire et dont la place est surtout dans ces locaux et non dans une usine.

Il ne faut pas non plus conclure trop précipitamment que le four à gaz est à rejeter quand il s'agit d'essais, notre but est simplement de mettre en garde contre des déductions trop hâtives ceux qui seraient appelés à en faire usage.

En Amérique, M. Caulkins de Détroit (Michigan) vient d'établir toute une série de fours d'essais chauffés au pétrole. Avec ces appareils on peut cuire de petites pièces et faire des essais à des températures suffisamment élevées. Ces fours sont encore peu connus sur le Continent, en France du moins.

III. — PYROMÉTRIE.

En principe, tout phénomène dans lequel intervient la chaleur peut servir à effectuer des déterminations thermométriques, si la loi du phénomène est connue. Un choix s'impose naturellement parmi toutes les méthodes que l'on peut proposer, car il faut tenir compte des exigences de la pratique. En Céramique, la connaissance exacte des températures n'est pas indispensable; il suffit que l'appareil reste comparable à lui-même, autrement

dit, donne des indications identiques dans les mêmes conditions de température. Le problème a reçu un certain nombre de solutions, beaucoup ne sont pas susceptibles d'applications pratiques; nous nous contenterons d'examiner les plus importantes.

Les appareils employés en pyrométrie sont de deux sortes : les uns portent une graduation (le phénomène étant susceptible de mesure) et c'est par une lecture que se font les déterminations; dans les autres la manifestation est plus simple, c'est la production d'un phénomène, la fusion par exemple, qui indique qu'une certaine température est atteinte. Nous appellerons *pyromètres* les premiers appareils et *pyroscopes* les seconds.

§ 1. — Pyromètres.

Pyromètre à retrait d'argile. — Wedgwood a construit le plus ancien des pyromètres. Son appareil est basé sur le retrait que prend l'argile au feu. En principe il se compose d'un cylindre d'argile tronconique ([1]), que l'on introduit entre deux réglettes non parallèles. Par suite du retrait sous l'action de la chaleur, le diamètre du morceau d'argile diminue et, si l'on a façonné le cylindre de telle sorte qu'il entre juste dans le maximum d'écartement avant cuisson, après cette opération il entrera plus avant dans ce chemin. L'avancement du cylindre sera d'autant plus grand que la température aura été plus élevée. Wedgwood avait adopté une graduation empirique pour cet instrument. On trouve encore dans certains vieux Ouvrages des indications en degrés Wedgwood.

L'instrument est loin d'être exempt de critiques. La contraction qui accompagne la déshydratation est variable avec la nature des argiles et les écarts sont suffisants pour créer des différences donnant la plus grande incertitude aux résultats. Voici, d'après M. Le Chatelier, les indications d'un pyromètre Wedgwood, porté à des températures connues, avec un cylindre

---

([1]) L'argile avait été déshydratée par la chaleur.

d'argile inconnue donné avec l'appareil, puis avec un cylindre d'argile de Mussidan et un cylindre de kaolin :

	600°.	800°.	1000°.	1200°.	1400°.	1550°.
Argile du pyromètre.	0	4	15	36	90	132
Argile de Mussidan..	0	2	14	36	78	120
Kaolin.............	0	4	12	15	55	118

Wedgwood avait établi une concordance entre les degrés de son pyromètre et les indications du thermomètre centigrade. Sa détermination était entachée de grandes erreurs; ainsi le degré 130 de son pyromètre ne correspondait pas à moins de 10000° centigrades. Il faut réduire de beaucoup les estimations de l'auteur; on pourrait admettre, avec M. Le Chatelier, les valeurs suivantes :

Degrés Wedgwood...	0	15	30	100	140
Degrés centigrades...	600	800	1000	1200	1400

Le pyromètre de Wedgwood a un avantage, c'est son prix modique. Ses inconvénients sont graves. L'appareil ne peut être gradué qu'empiriquement et par comparaison avec un autre pyromètre. Construit avec des argiles différentes, il donne des indications n'ayant plus de rapport avec les premières.

Pourtant j'ai eu l'occasion de voir en usage une modification de cet instrument. Le cylindre était constitué par un disque de pâte glissant entre deux règles.

Pour faire une détermination il faut sortir le cylindre ou le disque du four et attendre son refroidissement. C'est un désavantage sur beaucoup d'autres instruments. De plus est-on sûr que ces trempes et ces réchauffements successifs soient sans action sur le retrait?

Pyromètre à dilatation. — On a employé à Sèvres un pyromètre imaginé par Brongniart et dont le dispositif rappelait le pyromètre à cadran. Le corps soumis à la dilatation était une barre d'argent fin de 20^{cm} de long, placée dans l'intérieur d'un moufle et reposant dans une rainure d'une pièce de porcelaine dure dégourdie. Le barreau d'argent bute sur une extrémité de

la rainure, l'autre extrémité est en contact avec une tige de dégourdi, de même pâte que le support, qui vient agir sur un levier actionnant une aiguille mobile sur un arc de cercle divisé.

L'instrument ne donnait que des valeurs relatives, il ne pouvait servir que dans un intervalle de températures relativement restreint, par suite de la fusibilité de l'argent. Il possédait tous les défauts des pyromètres à cadran.

D'après Brongniart, 27° à 30° équivalaient à peu près à 100° de l'échelle centigrade. Comme on le voit, la concordance n'a jamais été établie avec exactitude.

Pyromètre à circulation d'eau. — Si l'on fait traverser un tube placé dans une enceinte à température élevée par un courant d'eau, on constate à l'orifice de sortie que l'eau s'est échauffée. En faisant une série d'expériences avec un même tube et une même vitesse d'écoulement, on a des différences de température d'autant plus grandes, entre la température de l'eau à la sortie et la température de l'eau à l'entrée, que la température de l'enceinte est plus élevée. Aucune relation bien établie n'est connue pour permettre de se faire une idée de la température du four; toutes les formules proposées sont discutables. Cet instrument ne donne que des indicatious empiriques.

A ce genre d'appareils appartiennent les pyromètres de MM. Saintignon, Boulier frères.

Essayé à Sèvres, le pyromètre à circulation d'eau n'a pas donné des résultats le recommandant particulièrement à l'industrie céramique. Il exige une grande consommation d'eau et, à l'endroit où il est placé dans le four, il absorbe une quantité notable de chaleur.

Pyromètres électriques. — Siemens a proposé d'utiliser la variation de résistance électrique éprouvée par un fil de platine porté à la température du four comme base d'une mesure pyrométrique. Il se servait de deux circuits identiques, l'un maintenu à la température ordinaire, l'autre placé dans le four, reliés tous deux à une même pile. Le partage du courant dans le fil variait avec la différence de résistance. La mesure des

intensités dans les deux circuits était malheureusement défectueuse, car Siemens opérait avec des voltamètres.

Le principe précédent a été repris avec succès par Callendar.

L'appareil comprend un explorateur relié à un galvanomètre enregistreur.

L'explorateur (*fig.* 81) est constitué par une résistance de platine enroulée sur un cadre de mica et reliée à deux bornes d'attache. Comme l'action de la chaleur ne se manifeste pas seulement sur la bobine, mais qu'elle atteint les fils reliant la résistance aux bornes, le constructeur a disposé parallèlement un autre fil : il y a donc, en comptant l'aller et le retour du courant, quatre fils, deux pour chaque circuit. Ce fil auxiliaire constitue un court-circuit correctif relié à deux autres bornes de l'instrument.

Fig. 81.

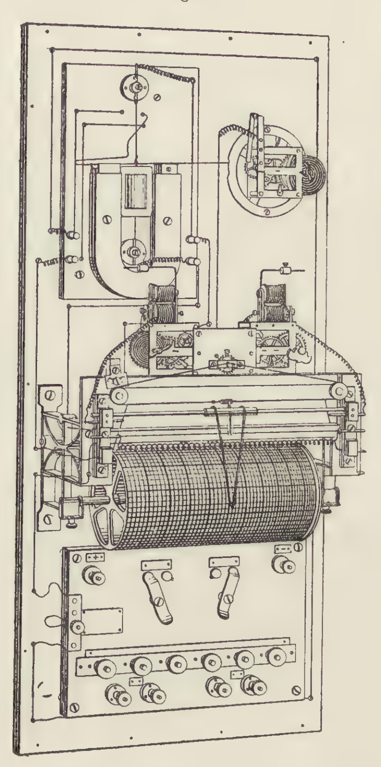


On mesure alors non l'intensité du courant, mais bien la résistance du circuit chauffé. Toute l'originalité de l'appareil consiste dans le mécanisme auxiliaire qui rend un pont de Wheatstone enregistreur et automatique. Le pont est un pont à fil dont le contact mobile est commandé par le galvanomètre. L'aiguille indicatrice porte deux contacts isolés, formant une fourchette dont les branches sont situées de part et d'autre des pôles d'une pile. Chacun des deux contacts est relié à l'autre pôle de la pile par un circuit comprenant un électro-aimant commandant un mouvement d'horlogerie. Le rôle de chaque mouvement est de déplacer le contact glissant de manière à rétablir l'équilibre du pont; l'un des mouvements agit à droite, l'autre à gauche. Vient-on à détruire l'équilibre du pont, l'aiguille dévie et vient fermer l'un des circuits, le mouvement d'horlogerie se met en marche jusqu'au moment de l'équilibre où le circuit se rompt.

Le contact glissant porte une plume flottant sur un papier fixé sur un cylindre tournant. Ce sont les déplacements de cette plume qui traceront la courbe des températures.

Le pont sera constitué par deux résistances, le thermomètre et les résistances mobiles.

Fig. 82.



On voit sur la figure, qui représente l'ensemble de l'appareil, en haut le galvanomètre, au-dessous les servo-moteurs et le contact glissant traçant la courbe sur le cylindre.

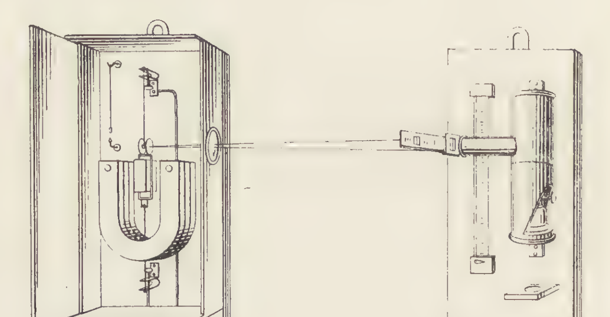
Pyromètres thermo-électriques. — M. Le Chatelier a repris une ancienne idée, la mesure des températures au moyen des courants produits par les piles thermo-électriques, et l'a remise au point. En étudiant les anomalies qui se produisent avec différents métaux que nous fournit l'industrie, il est arrivé à conclure que, pour constituer une pile thermo-électrique, dont les indications seraient comparables entre elles, il fallait choisir des

métaux que l'on puisse rencontrer à un état physique et chimique parfaitement défini.

Son couple est constitué par deux fils de platine et de platine rhodié à 10 pour 100 de rhodium tordus, ou mieux soudés, à une extrémité. Pour mesurer la force électromotrice du couple, il emploie la méthode galvanométrique. Cette dernière méthode, moins rigoureuse que la mesure par opposition, a l'avantage d'être beaucoup plus simple dans la pratique.

Le galvanomètre employé est un galvanomètre à cadre mobile Deprez et d'Arsonval. Cet appareil est composé d'un grand aimant en fer à cheval entre les branches duquel est suspendu

Fig. 83.



un cadre mobile que traverse le courant. Ce cadre tend sous l'action du courant à se mettre dans un plan perpendiculaire à celui de l'aimant. Les fils métalliques qui servent à la fois à suspendre le cadre et à amener le courant, éprouvent alors une torsion qui s'oppose au déplacement du cadre.

Celui-ci s'arrête dans une position d'équilibre qui dépend à la fois de l'intensité du courant et de la valeur du couple de torsion.

La mesure du déplacement angulaire du cadre se fait soit au moyen d'une aiguille mobile sur un cadre divisé, soit au moyen

d'un miroir qui réfléchit sur une règle semi-transparente l'image d'un fil tendu devant une petite fenêtre convenablement éclairée.

Nous représentons un dispositif commode et très robuste. Les deux parties sont symétriques et peuvent se fixer dos à dos sur une même planchette. Pendant les expériences elles sont fixées sur un mur. Pour que l'appareil fonctionne bien, il faut éviter des torsions dans les fils de suspension du cadre.

On recourt aussi à la lecture directe; Siemens et Halske de Berlin ont étudié un modèle de galvanomètre à aiguille destiné aux mesures de température. Le cadran comprend 180 divisions correspondant chacune à 10 microvolts. Une seconde graduation donne directement la température pour le couple vendu avec l'appareil. M. Pellin a établi un galvanomètre encore plus solide et plus rustique. M. Ducretet a construit un galvanomètre Le Chatelier enregistreur. Le couple est relié à un galvanomètre spécialement disposé. Le galvanomètre est du système Deprez et d'Arsonval; l'équipage mobile porte une aiguille légère en aluminium qui se termine par un petit encrier formant plume sur un cylindre enregistreur. Ce cylindre enregistreur, commandé par un mouvement d'horlogerie intérieur, fait un tour en 26 heures et la bande de papier qu'il reçoit est divisée en 24 heures. Il y a ainsi une partie libre, recouverte par une bande d'attache correspondant à 2 heures.

La plume n'est pas en contact constant avec le papier, elle est maintenue à une petite distance du cylindre, seulement toutes les minutes le cadre vient s'abaisser et presse la plume sur le papier. La courbe est formée d'une série de points.

Quel que soit le type d'appareil employé, les deux fils doivent être, sur tout leur parcours, isolés l'un de l'autre. On peut, au moyen de tubes de terre réfractaire percés de deux trous dans le sens de la longueur, éviter tout contact dans la partie chauffée.

Quelquefois on place le couple à demeure dans le four au moyen d'un tube de porcelaine; on peut aussi se servir d'une canne de fer traversée par les deux fils isolés et dont on introduit l'extrémité dans le foyer. Ce dispositif, plus commode que le précédent, permet d'explorer les diverses régions du four,

seulement on doit opérer vite si l'on ne veut pas s'exposer à brûler la canne.

Le couple demande à être gradué, sauf dans le cas où l'on se sert du galvanomètre de Siemens et Halske, si l'on désire être renseigné sur les températures qu'il indique. On détermine alors un certain nombre de points fixes et l'on construit la courbe de l'appareil. La courbe se confond pratiquement avec une droite.

Les points fixes les plus commodes à observer sont l'ébullition de la naphtaline (218°), du soufre (448°), la fusion de l'or (1065°), du sulfate de potassium (1045°) [1].

Pyromètres pneumatiques. — En dehors du thermomètre à gaz dont l'emploi est difficile, on a proposé plusieurs pyromètres utilisant l'accroissement de force élastique déterminé par l'échauffement des gaz, par exemple, le pyromètre Bristol. L'auteur propose l'appareil suivant pour la mesure des températures élevées.

Le réservoir est un cylindre de porcelaine façonné comme un tube à thermomètre, comprenant le réservoir et un tube capillaire faisant suite au réservoir. Un tube relie le réservoir à un manomètre. On a donné au cylindre de porcelaine une longueur assez grande pour qu'il aille traverser la paroi du four et avoir son réservoir au milieu des flammes. Le manomètre est un simple manomètre enregistreur constitué par deux tubes disposés en spirale. Un de ces tubes est relié avec le réservoir; l'autre communique avec l'atmosphère ambiante. Il subit donc les changements de pression et de température de l'air et permet d'éviter les corrections relatives à ce sujet [2].

Pyromètres optiques. — Les phénomènes optiques peuvent apporter leur concours à la mesure des températures élevées.

---

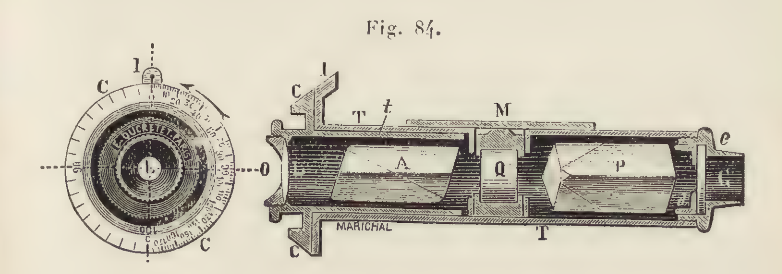
(1) MM. Le Chatelier et Boudouard ont fait une étude très intéressante des pyromètres : *Mesure des températures élevées*. C'est un ouvrage très complet que l'on peut consulter avec fruit (Paris, Gauthier-Villars).

(2) *Tonindustrie Zeitung*, 1901, p. 673.

Nous nous bornerons à citer la lunette pyrométrique de Mesuré et Nouel et le pyromètre optique de Le Chatelier et à en indiquer le principe.

Dans le premier instrument on regarde les rayons lumineux émis par le foyer, au moyen d'un système polariseur et analyseur, séparé par une lame de quartz taillée perpendiculairement à l'axe. On supprime avec ce dispositif un certain nombre de radiations du spectre; dans l'appareil que nous étudions on a adopté une épaisseur suffisante de quartz pour l'absorption des parties centrales du spectre. Le réglage du polariseur et de l'analyseur à l'extinction fournit le o de la graduation d'un cercle divisé, qui permet de lire de combien on a fait tourner l'analyseur.

Fig. 84.



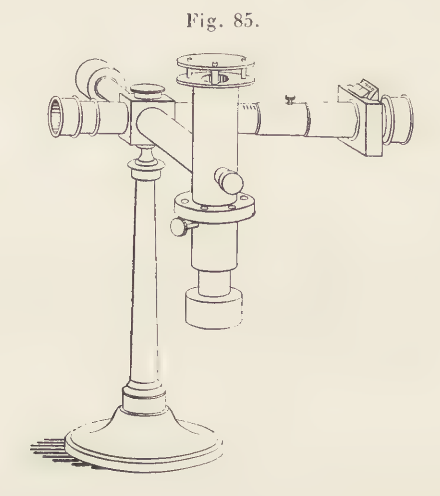
Les corps incandescents émettent des rayons différents suivant la température à laquelle ils sont soumis; aussi, lorsqu'on les regarde avec l'appareil, la teinte composée obtenue varie avec la température. Les variations de coloration deviennent très rapides pour une position déterminée de l'analyseur. En regardant alors le foyer, les changements dans les colorations indiquent les variations dans la température.

Pour effectuer une mesure, on lit de combien on a dû faire tourner l'analyseur, placé pour obtenir la teinte sensible dans les conditions ordinaires, pour retrouver la même teinte sensible en visant le foyer. Il n'y a pas possibilité de relier facilement ces mesures à une évaluation de variation dans la température; en outre, la teinte sensible difficile à saisir est encore moins aisée à retrouver, d'où désaccord, non seulement entre

les observateurs, mais même entre les déterminations d'une même personne.

Dans le pyromètre optique de M. Le Chatelier, on compare

Fig. 85.



une flamme étalon à la lumière émise par les corps incandescents. On ramène à l'égalité d'intensité les images de l'objet visé et de la flamme de comparaison; on se sert pour cela d'un œil-de-chat qui permet de faire varier l'ouverture utile, puis de verres absorbants si cela est nécessaire.

L'appareil, qui a donné des résultats fort intéressants, n'est pas d'une manœuvre exempte de difficultés; aussi doit-il être réservé à des expérimentateurs habiles.

Tout dernièrement M. Wanner a imaginé un pyromètre optique que nous nous contentons de signaler (¹).

Pyromètre de M. Ferry. — Cet appareil, plus récent que les précédents, est une combinaison d'un pyromètre électrique et d'un système optique.

M. Ferry (²), partant d'un point de vue différent, a pensé que

---

(¹) *Voir*, pour sa description, *Ph. Ch.*, 3ᵉ année, p. 112, et *Rev. gén. Chimie pure et appliquée*, 1903, p. 143.

(²) *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 1902, p. 977.

la relation de Stéfan

$$R = a(T^4 - t^4)$$

était tout indiquée pour servir de base à une méthode de mesure des températures inaccessibles par les autres procédés. Cette formule présente l'avantage d'une exactitude qui semble maintenant tout à fait reconnue.

Dans cette expression, R représente la quantité de chaleur versée par un corps rayonnant à une température absolue T sur un autre corps à une température t; les pouvoirs émissifs de ces deux corps étant égaux à l'unité, a est une constante.

Comme il s'agit de températures élevées, t^4 est négligeable par rapport à T^4; on peut donc simplifier l'expression et se contenter d'exprimer la relation sous la forme réduite

$$R = aT^4.$$

Ainsi présentée, la formule exige pour son application des corps dont le pouvoir émissif soit voisin de l'unité, corps qui sont peu nombreux. Mais, d'après le théorème de Kirchhoff, la puissance de la radiation est indépendante de la nature de la paroi rayonnante et égale à l'unité dans le cas d'une enceinte fermée. Cette condition peut être remplie dans la pratique lorsqu'il s'agit de déterminer la température d'un four; l'ouverture est généralement assez petite pour que la conception théorique de Kirchhoff soit justifiée. Dans le cas de corps chauds placés en dehors d'un foyer, si l'on se trouve en présence de métaux, la condition exigée est encore sensiblement satisfaite, puisque l'on se trouve en présence de corps recouverts généralement d'oxydes noirs.

L'appareil est un pyromètre à radiations calorifiques. On ramène la mesure à celle de l'élévation de température d'un corps choisi comme corps thermométrique.

L'organe essentiel est un réticule thermo-électrique, formé de deux fils (fer constantan) soudés sur deux disques et suivant deux diamètres rectangulaires. Les fils ont $0^m,003$ d'épaisseur. Les disques sont montés sur une pièce isolante qui les maintient parallèles à une faible distance ($0^{mm},5$); on soude ces

deux lames ensemble et l'on a ainsi un couple thermoélectrique. Les deux bornes *b* et *b'* servent pour les prises de courant.

Les radiations sont concentrées sur ce réticule au moyen

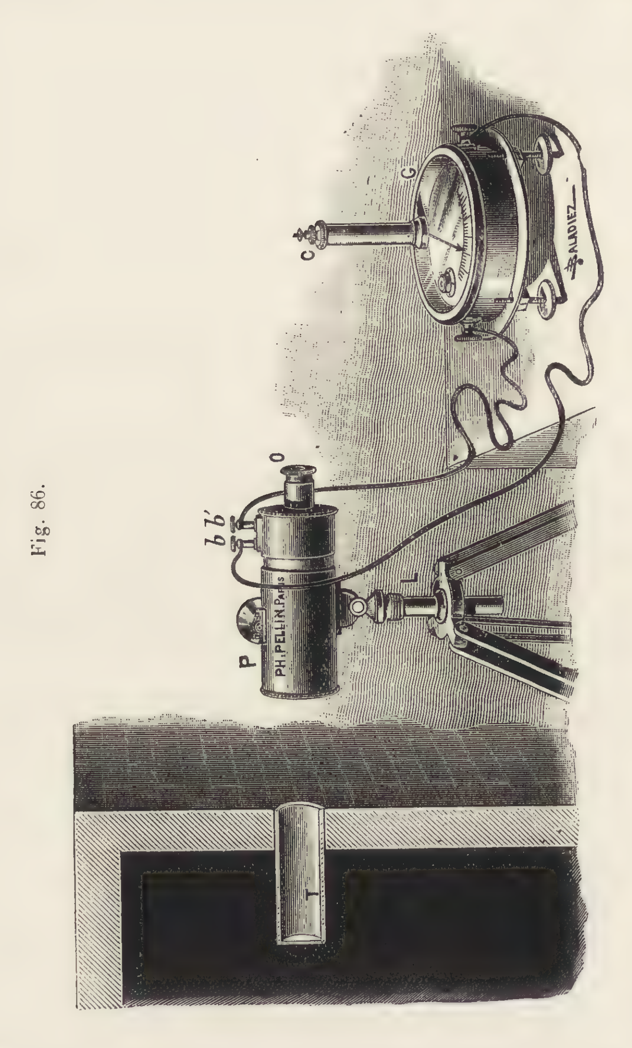


Fig. 86.

d'une lentille en fluorine. Ce corps a une absorption qui devient proportionnelle à la quantité de chaleur incidente à partir de 900°. Pour s'affranchir de la distance du corps rayonnant,

le tube de la lunette (dans la partie qui porte le réticule) est fermé par un diaphragme qui limite l'angle au sommet du cône formé par les rayons concentrés par la lentille. Ce diaphragme permet de régler l'angle à une valeur constante sans faire intervenir le tirage nécessité par la mise au point. En outre, pour rendre les indications indépendantes des dimensions de la source à partir du moment où son image couvre la partie utile du couple, on a disposé sur le disque d'avant un écran en croix dont les bras ont pour but de diminuer la longueur des lames soumises au rayonnement.

Un galvanomètre approprié complète l'appareil. Les indications données sont très rapides, car la masse à échauffer est très faible; le retour au zéro est également très prompt.

En étudiant l'appareil parallèlement avec un couple Le Chatelier, l'auteur a trouvé que l'erreur reste inférieure à 1 pour 100.

§ 2. — Pyroscopes.

Le pyroscope seul ne permet pas de suivre la marche de la température; à un moment déterminé, le phénomène se produit, puis toute indication cesse. On est donc obligé de recourir à une échelle pyroscopique quand on désire observer une cuisson pendant toute sa durée.

Alliages. — Le phénomène de la liquation vient compromettre toute détermination fondée sur la fusibilité d'un alliage à une température donnée. On s'expose à de graves erreurs avec leur emploi (1).

Pyroscopes fusibles. — Au lieu d'alliages, on peut se servir de mélanges convenablement composés et qui forment une combinaison fusible par voie pâteuse. Ce principe, proposé pour la première fois par MM. Lauth et Vogt (2) pour la cuisson de

---

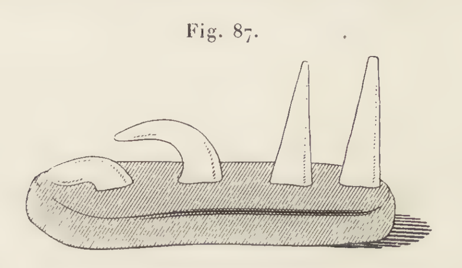
(1) Ch. Lauth et G. Vogt, *Mesures pyrométriques* (*Bull. Soc. chim.*, 1886, p. 786).

(2) *Loc. cit.* et *Notice sur la fabrication de la porcelaine nouvelle*, p. 19.

la porcelaine nouvelle de Sèvres en 1882, a reçu de Seger ([1]) un complet développement.

Les mélanges, convenablement faits, pulvérisés, sont façonnés à l'aide d'un moule en forme de pyramides triangulaires à petite base; elles sont très hautes par rapport à leur base. Ces pyramides, appelées en France *montres* et en Allemagne *cônes* (Kegel), sont placées dans les fours, de manière à ne pas se trouver dans des places traversées par des courants d'air, mais bien dans une zone où des mouvements anormaux de gaz ne sont pas à redouter. La température s'élevant peu à peu, il arrive un moment où elles atteignent leur température de vitrification; la masse se ramollit, cède et tombe en s'incurvant. Il est nécessaire de placer les montres de manière à éviter un affaissement sur elles-mêmes. Quand la pointe de la montre

Fig. 87.



touche son support, on dit que *la montre est tombée,* et l'on prend cette position comme point de repère. La composition de ces montres est variable avec leur fusibilité.

Un premier groupe comprend des borosilicates sodicoplombeux :

Numéros.	Composition.			Point de fusion.
022...	0,5 Na^2O / 0,5 PbO	—	2,0 SiO^2 / 1,0 B^2O^3	590
021...	0,5 Na^2O / 0,5 PbO	0,1 Al^2O^3	2,2 SiO^2 / 1,0 B^2O^3	620
020...	0,5 Na^2O / 0,5 PbO	0,2 Al^2O^3	2,4 SiO^2 / 1,0 B^2O^3	650

([1]) *Tonindustrie Zeitung*, 1885, p. 121, et 1886, p. 135 et 229.

Numéros.	Composition.			Point de fusion.
019...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,3 Al^2O^3	2,6 SiO^2 1,0 B^2O^3	680
018...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,4 Al^2O^3	2,8 SiO^2 1,0 B^2O^3	710
017...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,5 Al^2O^3	3,0 SiO^2 1,0 B^2O^3	740
016...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,55 Al^2O^3	3,1 SiO^2 1,0 B^2O^3	770
015...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,6 Al^2O^3	3,2 SiO^2 1,0 B^2O^3	800
014...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,65 Al^2O^3	3,3 SiO^2 1,0 B^2O^3	830
013...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,7 Al^2O^3	3,4 SiO^2 1,0 B^2O^3	860
012...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,75 Al^2O^3	3,5 SiO^2 1,0 B^2O^3	890
011...	0,5 Na^2O 0,5 PbO	0,8 Al^2O^3	3,6 SiO^2 1,0 B^2O^3	920

Ces montres dérivent de la montre 022 par addition de

$$Al^2O^3 + 2SiO^2$$

par $0^{mol},1$ pour chaque montre.

Ensuite, on remplace la soude et l'oxyde de plomb par un mélange de chaux et potasse dont le rapport est laissé constant; seuls, la silice et l'anhydride borique subissent des variations.

Au lieu d'alumine seule, on a recours à un mélange d'alumine et d'oxyde de fer.

Numéros.	Composition.			Point de fusion.
010....	0,3 K^2O 0,7 CaO	0,2 Fe^2O^3 0,3 Al^2O^3	3,50 SiO^2 0,50 B^2O^3	950
09....	0,3 K^2O 0,7 CaO	0,2 Fe^2O^3 0,3 Al^2O^3	3,55 SiO^2 0,45 B^2O^3	970
08....	0,3 K^2O 0,7 CaO	0,2 Fe^2O^3 0,3 Al^2O^3	3,60 SiO^2 0,40 B^2O^3	990
07....	0,3 K^2O 0,7 CaO	0,2 Fe^2O^3 0,3 Al^2O^3	3,65 SiO^2 0,35 B^2O^3	1010

Numéros.	Composition.			Point de fusion.
06....	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,2\,Fe^2O^3$ / $0,3\,Al^2O^3$	$3,70\,SiO^2$ / $0,30\,B^2O^3$	1030
05....	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,2\,Fe^2O^3$ / $0,3\,Al^2O^3$	$3,75\,SiO^2$ / $0,25\,B^2O^3$	1050
04....	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,2\,Fe^2O^3$ / $0,3\,Al^2O^3$	$3,80\,SiO^2$ / $0,20\,B^2O^3$	1070
03....	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,2\,Fe^2O^3$ / $0,3\,Al^2O^3$	$3,85\,SiO^2$ / $0,15\,B^2O^3$	1090
02....	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,2\,Fe^2O^3$ / $0,3\,Al^2O^3$	$3,90\,SiO^2$ / $0,10\,B^2O^3$	1110
01....	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,2\,Fe^2O^3$ / $0,3\,Al^2O^3$	$3,95\,SiO^2$ / $0,05\,B^2O^3$	1130

Dans ce groupe, SiO^2 est substitué à B^2O^3 par $0^{mol},05$.

A partir de la montre 1, on supprime l'anhydride borique :

Numéros.	Composition.			Point de fusion.
1.......	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,2\,Fe^2O^3$ / $0,3\,Al^2O^3$	$4\,SiO^2$	1150
2.......	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,1\,Fe^2O^3$ / $0,4\,Al^2O^3$	$4\,SiO^2$	1170
3.......	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,05\,Fe^2O^3$ / $0,45\,Al^2O^3$	$4\,SiO^2$	1190

puis, après la montre 3, on n'ajoute plus d'oxyde de fer :

Numéros.	Composition.		Point de fusion.
4.........	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,5\,Al^2O^3\;4\,SiO^2$	1210
5.........	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,5\,Al^2O^3\;5\,SiO^2$	1230
6.........	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,6\,Al^2O^3\;6\,SiO^2$	1250
7.........	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,7\,Al^2O^3\;7\,SiO^2$	1270
8.........	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,8\,Al^2O^3\;8\,SiO^2$	1290
9.........	$0,3\,K^2O$ / $0,7\,CaO$	$0,9\,Al^2O^3\;9\,SiO^2$	1310

Numéros.	Composition.	Point de fusion.
10	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 1,0 Al^2O^3 10 SiO^2	1330
11	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 1,2 Al^2O^3 12 SiO^2	1350
12	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 1,4 Al^2O^3 14 SiO^2	1370
13	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 1,6 Al^2O^3 16 SiO^2	1390
14	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 1,8 Al^2O^3 18 SiO^2	1410
15	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 2,1 Al^2O^3 21 SiO^2	1430
16	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 2,4 Al^2O^3 24 SiO^2	1450
17	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 2,7 Al^2O^3 27 SiO^2	1470
18	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 3,1 Al^2O^3 31 SiO^2	1490
19	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 3,5 Al^2O^3 35 SiO^2	1510
20	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 3,9 Al^2O^3 39 SiO^2	1530
21	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 4,4 Al^2O^3 44 SiO^2	1550
22	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 4,9 Al^2O^3 49 SiO^2	1570
23	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 5,4 Al^2O^3 54 SiO^2	1590
24	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 6,0 Al^2O^3 60 SiO^2	1610
25	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 6,6 Al^2O^3 66 SiO^2	1630
26	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 7,2 Al^2O^3 72 SiO^2	1650
27	$\left\{\begin{matrix} 0,3\,K^2O \\ 0,7\,CaO \end{matrix}\right\}$ 20,0 Al^2O^3 200 SiO^2	1670

A partir de la montre 5, on ajoute par 0,1 du mélange $Al^2O^3 + 10\,SiO^2$ jusqu'à 10; puis, par 0,2 jusqu'à 14, par 0,3

jusqu'à 17, par 0,4 jusqu'à 20, par 0,5 jusqu'à 23, par 0,6 jusqu'à 26 et par 0,8 pour 27.

Les montres supérieures à la montre 27 sont simplement des silicates alumineux d'acidité décroissante.

Numéros.	Composition.	Point de fusion.
28	$Al^2O^3\,10SiO^2$	1690
29	$Al^2O^3\,8SiO^2$	1710
30	$Al^2O^3\,6SiO^2$	1730
31	$Al^2O^3\,5SiO^2$	1750
32	$Al^2O^3\,4SiO^2$	1770
33	$Al^2O^3\,3SiO^2$	1790
34	$Al^2O^3\,2SiO^2$	1810
35	$Al^2O^3\,2SiO^2$*	1830
36	$Al^2O^3\,2SiO^2$**	1850

Les montres 35 et 36 sont de même composition; elles ne diffèrent que par la nature des deux silicates; la montre 35 est un kaolin déshydraté; la montre 36 est une argile schisteuse également déshydratée.

La numérotation de ces montres paraît singulière, car le n° 1 est vers le milieu de l'échelle, ceci tient à ce que la série 1-36 a vu le jour la première. Les montres 022-01 n'ont été créées que postérieurement. Les montres fusibles peuvent rendre de réels services en Céramique ; avec les pyromètres, dans le cas où un contrôle sévère est nécessaire, elles constituent un ensemble pyrométrique des plus satisfaisants.

On leur a adressé de nombreuses critiques, mais ces reproches ne sont pas spéciaux aux montres fusibles, ils peuvent s'appliquer à beaucoup d'autres pyromètres et pyroscopes.

Leur usage s'est répandu surtout en Allemagne et les fabricants qui ont voulu raisonner leur emploi s'en sont bien trouvés.

On les dispose dans une gazette percée d'une fenêtre, ou dans une chapelle de terre, ou bien encore dans un réduit formé par les matières à cuire.

Le principe des montres fusibles est généralisable, aussi peut-on imaginer de nombreux dispositifs qui ne sont que des variantes du type original; ainsi on peut donner à des montres fusibles la forme de baguettes que l'on dispose horizontalement et que l'on supporte par leurs extrémités. Sous l'action de la chaleur la baguette s'infléchit dans son milieu.

La fabrication des montres de Seger présente des difficultés. Les montres de la série 1 à 27, qui sont les plus employées, nécessitent comme matières premières :

Kaolin, Feldspath, Quartz, Marbre.

A ces matériaux importants ajoutons le sesquioxyde de fer. Les éléments doivent être pris suffisamment purs, si l'on ne veut s'exposer à des erreurs; le mieux est de faire une masse primitive frittée, fortement chauffée, à laquelle on fait les additions nécessaires pour obtenir les différentes montres.

De la montre 4, par exemple, on peut faire toutes les autres montres par additions successives du mélange $1 Al^2O^3 + 10 SiO^2$.

Les montres boraciques sont très délicates à obtenir, car l'introduction de l'anhydride borique sans perte aucune est difficile à réaliser.

On doit comparer ses montres à des montres déjà faites si l'on veut obtenir des résultats comparables et ne pas confier la réussite à la seule préparation. Un contrôle sérieux est indispensable.

Le mélange doit être intime et homogène. A Sèvres, où l'on prépare les montres nécessaires à la consommation de la manufacture, on broie le mélange à la glace.

Il faut tenir compte des gaz réducteurs pour les montres renfermant du fer. Il peut y avoir réduction.

Montres colorées. — Au lieu de se servir de la fusibilité, on a eu recours à d'autres moyens, parmi lesquels on peut citer les colorations que peut prendre un carmin d'or subissant l'action de la chaleur. Pour la cuisson du décor de moufle on fixait à une tige de fer une plaque de porcelaine recouverte de carmin et l'on plaçait ce témoin dans le moufle; le développement de la nuance variait avec la température.

Voici les teintes successives prises dans un intervalle de température que l'on peut évaluer comme compris entre la montre **016** et la montre **010**, soit de 760° à 940°.

Brun sale.
Beau rose.
Rose purpurin.
Rose violacé.
Rose violet.
Violet pâle.
Puis la couleur disparaît.

Thermophones. — Ces pyroscopes, imaginés par le professeur Wiborgh, sont des corps cylindriques solides, en argile, d'environ 3^{cm} de longueur; ils renferment un corps fulminant (en quantité assez faible pour être inoffensif) qui éclate au bout d'un temps plus ou moins long suivant l'élévation de la température à laquelle il se trouve soumis. Le temps écoulé entre le moment où le thermophone a été exposé et celui où il éclate sert à déterminer la température.

Si la température est très élevée, l'explosion se fait rapidement entendre; au contraire, l'explosion tarde si la température est faible. L'évaluation de la température se fait au moyen d'une mesure de temps écoulé. Une table jointe au thermophone permet de relier les températures aux temps.

Les thermophones permettent d'évaluer les températures entre 300° et 2000°. Le temps écoulé est de 3^{m}24^{s},6 pour 300°, il n'est plus que de 29^{s},6 pour 2400°. Pour l'usage de ces pyroscopes un chronographe spécial est nécessaire.

Dans la pratique, si les débris du thermophone sont sans inconvénients, on jette simplement le thermophone dans le four et l'on déclanche le mouvement d'horlogerie. Quand l'explosion s'est produite on lit le nombre indiqué par l'aiguille.

Ce mode opératoire, que j'ai vu pratiquer à Wirges (Hesse-Nassau), doit être modifié si les fragments du thermophone peuvent salir les produits. On place alors un tube bouché à l'endroit où doivent se faire les essais; les explosions ont lieu dans son intérieur.

§ 3. — Observations sur l'emploi des pyromètres.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de publier les résultats d'expériences, faites concurremment avec les montres fusibles de Seger et le pyromètre de Le Chatelier par le Dr Zimmer (1). Nous laissons la parole à l'auteur :

« Pour notre industrie, les montres fusibles de Seger sont préférables à tous les autres pyromètres; elles ne permettent pas de déterminer exactement la température, mais elles fournissent un bon moyen de contrôle des fours. Nous savons qu'elles sont formées d'un mélange de matériaux peu nombreux et que les substances qui entrent dans leur composition sont analogues à celles qui constituent les pâtes et les couvertes. Le mélange, pendant la cuisson, est soumis à des changements physiques et à des phénomènes chimiques entièrement comparables à ceux que subissent les poteries placées dans un four. Il faut remarquer, dès maintenant, que, si un certain type de poteries est cuit convenablement, nous trouvons que la fin de l'opération est indiquée par la chute d'une montre d'un numéro déterminé, mais, d'autre part, il a déjà été montré que la cuisson de la même poterie peut être opérée dans des conditions différentes des premières et qu'alors la température à la fin de la cuisson, mesurée exactement avec des instruments scientifiques, se trouve être différente de celle observée précédemment.

» La durée de la cuisson a la plus grande influence sur le résultat. Mes expériences personnelles m'ont fait voir que les montres de 1 à 9 peuvent présenter des écarts de 25° à 30° dans leur chute; dans un four large où la cuisson s'effectue lentement elles tombent à une température moins élevée que dans un four d'essai où la cuisson est menée rapidement. L'échelle des températures relatives aux montres fusibles de Seger a été dernièrement revue par le laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung*; elle doit être modifiée quand il s'agit de nos grands fours où

(1) *La Céramique*, juillet 1901, p. 19 et *Pottery Gazette*, 1901, p. 385.

nous cuisons le biscuit relativement lentement. (Il s'agit ici de la fabrication de la faïence fine.)

» Pratiquement nous avons besoin de connaître la chaleur nécessaire pour cuire une poterie et non pas la température où a eu lieu la cuisson. Les montres de Seger donnent ce renseignement. Les observations que j'ai faites portaient sur un four de seize pieds; j'ai pu constater le fait suivant : après un feu ayant duré 44 heures, la plus haute température atteinte était celle correspondant à la fusion de la montre 7; en continuant le feu pendant quatre nouvelles heures le pyromètre de Le Chatelier n'indiquait pas d'élévation de température, mais pourtant on arrivait à la fusion de la montre 8. Après les 44 heures de cuisson la poterie commençait à s'agglomérer, ce n'était qu'après la chute de la montre 8 que sa cuisson était terminée.

» De ce que je viens de dire et des phénomènes ultérieurs présentés par ces silicates (sous ce nom je comprends à la fois et les montres et les poteries) je conclus à ne pas considérer les montres comme un instrument scientifique destiné à la mesure des températures. C'est de cette conclusion que découle la supériorité des montres, sans qu'il soit besoin, pour établir cela, de mettre en évidence leur bon marché, leur facile maniement et leur contrôle. Elles constituent certainement un pyromètre de la plus grande valeur, facilement observable une fois dans le four et le meilleur de tous ceux que l'on a proposés en copiant le principe qui a présidé à leur conception.

» En dépit de ces avantages, il s'est produit, particulièrement lorsque des fabricants ont essayé de préparer eux-mêmes leurs montres, des déceptions; ainsi des montres avaient indiqué la température comme étant au maximum alors qu'elle devait encore s'élever. Si ces accidents peuvent être attribués à des impuretés dans les matières premières il n'y a là rien qui puisse surprendre un homme connaissant ce que doit savoir un chimiste. Nous savons, en effet, que le carbonate de chaux n'est pas toujours pur, que l'argile est rarement du silicate d'alumine pur, que le feldspath varie dans sa composition et que le silex ne doit pas être considéré comme de la silice pure.

» Pourtant, bien que les matières premières aient été analysées

et reconnues pures au point de vue chimique, les accidents que nous avons signalés se sont produits. Comme je ne songe pas à mettre en doute l'exactitude du mémoire de Seger, la cause de ces irrégularités doit être recherchée dans la préparation mécanique du mélange. L'explication se trouve dans le mode de travail adopté pour la préparation. Nous avions fait de grandes quantités des mélanges correspondant aux montres 2 et 3; les matériaux étaient purs, bien mélangés au moulin. Le mélange liquide avait été ensuite raffermi sur un moule en plâtre de Paris. Nous pûmes alors nous rendre compte que la masse n'était plus homogène; c'était la conséquence de la trop grande quantité d'eau employée dans le délayage. Pour ma part je n'ai eu une entière satisfaction qu'en préparant les mélanges par petites quantités et en opérant sur une masse humide.

» M. Ernst Mayer, de Beaver Falls, a éprouvé les mêmes insuccès. Une montre 1 ne se comportait pas régulièrement dans mes cuissons de biscuit. Il est bien préférable de se procurer des montres provenant d'une source certaine; c'est ce qui a été décidé dans le département de la Céramique de l'Université de l'État d'Ohio. Cette manière de procéder n'entraîne pas de grands frais.

» Remarquons, toutefois, qu'un manufacturier, même muni de montres de bonne qualité, ne peut pas être certain du succès, car il aura à côté de lui le chauffeur, ennemi de toute innovation. Le salaire, l'existence de ce dernier, dépendent de l'ignorance plus ou moins grande du métier de son patron. Les déductions que l'on doit tirer des montres témoins placées dans les fours dépendent de la rectitude du jugement du chauffeur. L'emploi des montres fusibles renverse tout cela, car un homme, même qui n'est pas habitué à conduire des cuissons, peut juger si le four a reçu une cuisson trop longue, trop courte ou suffisante par le seul examen des montres fondues. Du moment que l'industriel connaît le numéro de montre qui convient à sa poterie et le temps qu'il faut consacrer à la cuisson, autrement dit la marche du four, il peut, jusqu'à un certain point, se rendre indépendant de son personnel des fours. Ceci ne veut pas dire

qu'un manœuvre quelconque, tel un garcon de labour, peut être employé au four, car l'expérience et une certaine connaissance du métier sont nécessaires, mais que l'adoption des montres rend les hommes des fours moins indispensables et plus faciles à remplacer; de là fatalement un mauvais vouloir doit se manifester contre l'usage de ces pyromètres.

» Les montres de Seger ne donnent satisfaction que si l'on cherche à s'en servir d'une manière rationnelle. Il faut les placer convenablement, toujours aux mêmes places et ne les mettre que dans un four en bon état. Nous avons pris onze séries de montres, de quatre montres par série, dont nous avons soigneusement noté la marche ainsi que celle du four. Dans certains de ces essais le résultat a été d'accord avec les indications des montres, tandis que dans d'autres il y a été peu satisfaisant; les montres indiquaient une bonne cuisson et le résultat était pourtant défectueux. Ces irrégularités ont été causées par une mauvaise disposition des montres dans le four; ainsi dans certaines expériences nous avons constaté une entrée d'air froid dans le four dans la direction des montres.

» Nous pensons que chaque fabricant doit se faire une échelle des montres, échelle établie d'après sa fabrication. Les montres n'indiqueront, par exemple, que si la cuisson a été assez élevée; les mauvaises manœuvres dans la conduite de feu [manœuvres qui se traduisent toujours en dollars et cents (¹), puisqu'elles entraînent la production de pièces défectueuses] ne sont pas signalées. Ainsi la cuisson peut avoir duré le nombre d'heures voulues; seulement, si le commencement a été mené trop lentement, les chauffeurs auront ensuite accéléré la marche du feu à la fin pour regagner le temps perdu. Quand on a le gaz naturel à sa disposition, on possède alors un combustible des plus maniables, pourtant il y a à redouter des variations de pression si le chauffeur n'est pas attentif à son service. J'ai pu parer à ces inconvénients en faisant usage du pyromètre Le Chatelier. J'ai construit les courbes des cuissons d'après une série d'observations et j'ai fait un contrôle des montres au moyen de cet

(¹) C'est en Amérique que l'auteur parle.

instrument. J'ai pu d'abord me faire une idée de ce qui se passait dans la première période de la cuisson, celle où le four reste sombre. Les courbes m'ont montré que la température montait rapidement à 200° pendant la première heure. Cette ascension brusque de la température est certainement la cause de la casse des poteries insuffisamment sèches. En modérant l'allure à ce moment j'ai déjà pu réduire à moitié le nombre des ruptures. A la fin de la cuisson une rapide ascension de la température cause peu de dommage, elle est même nécessaire pour la cuisson de l'émail.

» Je conclus des observations présentes, car j'ai l'intention de poursuivre mes expériences, qu'il serait avantageux d'étudier et d'établir la courbe de cuisson convenable pour chaque genre de poterie et pour chaque système de fours. L'industriel pourra en déduire à quelle montre on doit cuire. Il y a dans ma proposition un but à atteindre, un peu idéal, mais je crois pourtant qu'elle peut permettre de réduire à un minimum les risques de cuisson. »

C'est certainement à ces deux types de pyromètres qu'il y a lieu de donner la préférence. Les observations du Dr H. Zimmer montrent suffisamment l'état de la question pour qu'il n'y ait pas lieu d'insister.

IV. — APPAREILS DESTINÉS AU CONTROLE DE LA MARCHE DES FOURS.

Il est souvent nécessaire, pendant la marche des fours, de faire d'autres déterminations que les déterminations pyrométriques. On peut se proposer de se rendre compte du tirage du four, ou bien chercher aussi à se faire une idée de la nature ou de la composition de l'atmosphère du four.

La solution du premier problème est facilement réalisable au moyen d'un appareil très simple imaginé par Seger. C'est un manomètre différentiel. Il est formé d'un tube en U calibré dont les parties supérieures sont constituées par un tube large formant réservoir. Le tube reçoit deux liquides non miscibles : eau et huile d'aniline ou acide phénique et une solution de phé-

nol. Une échelle divisée permet de lire le déplacement du plan de séparation des deux liquides quand les pressions exercées dans les deux branches du tube sont inégales. Pour faire une mesure on relie l'une des branches, fermée par un bouchon traversé par un tube, à un tube de caoutchouc que l'on met en communication avec le milieu à étudier. On donne généralement au tube large une section vingt fois plus grande que celle du tube en U.

L'analyse des gaz d'un four est une opération délicate, dont il est difficile de tirer des déductions. On a recommandé parfois l'appareil d'Orsat pour ce genre de travaux. Il faut remarquer dès maintenant que cet appareil n'est pas exempt de critiques [1]. Le modèle le plus employé en France est connu sous le nom d'*appareil d'Orsat, modèle Salleron*. Il comporte de nombreuses ligatures de caoutchouc dont il est presque impossible d'assurer l'étanchéité pendant un temps un peu long. Le système d'aspiration au moyen d'un soufflet n'est pas très recommandable. Le mieux serait un appareil tout en verre; ainsi construit on rend l'instrument très fragile et peu commode à transporter.

L'analyse des gaz d'un four, des gaz de gazogène et des gaz de hauts fourneaux comporte les mêmes déterminations. Nous emprunterons à une très intéressante étude [2] de M. Wencélius, quelques renseignements sur cette question.

Les éléments à doser sont : le gaz carbonique. l'oxygène et l'oxyde de carbone principalement.

Le gaz carbonique s'absorbe facilement avec une solution de soude, l'oxygène au moyen d'une solution de pyrogallol dans la soude ou mieux, comme le propose M. Wencélius, par le phosphore humide. Quant au dosage de l'oxyde de carbone par sa dissolution dans le chlorure cuivreux soit ammoniacal, soit

---

[1] On sait maintenant que le dosage de l'oxyde de carbone ne peut se faire exactement dans l'appareil d'Orsat. L'absorption est toujours incomplète.

[2] Wencélius, directeur du laboratoire de la Société des hauts fourneaux de Diffesdange, *Notes pratiques sur l'analyse industrielle complète des gaz de hauts fourneaux et de gazogène* (*Revue générale de Chimie pure et appliquée*, t. IV, 1901, p. 259).

acide, il est toujours entaché d'erreurs. L'absorption ne se fait qu'avec des liqueurs fraîches; il est complètement impossible de l'effectuer exactement dans l'appareil d'Orsat qui est disposé pour recevoir des provisions de réactif. Il vaut mieux, comme le propose l'auteur, transformer ce gaz en gaz carbonique par combustion et doser le gaz carbonique produit ([1]).

Pour bien faire une analyse de gaz il est préférable d'opérer avec les appareils en usage dans les laboratoires. Nous ne pouvons traiter ici toute la question de l'analyse des gaz industriels; on trouvera dans l'Ouvrage de Hempel ([2]) la description des méthodes et la préparation de tous les réactifs nécessaires avec les détails désirables.

En ce qui concerne la conduite des fours on doit être très réservé sur les déductions à faire de l'analyse des gaz d'un four. Supposons un instant, ce qui n'est pas, que l'atmosphère d'un four soit un mélange homogène; nous ne pouvons pas admettre que, forcément, dans l'intérieur de la gazetterie, les gaz soient dans le même rapport qu'à l'extérieur. En présence de parois poreuses des phénomènes d'endosmose prennent naissance et apportent des perturbations considérables. D'autre part, dans l'intérieur du four, il y a des gaz qui brûlent, d'où résulte un mouvement constant des couches gazeuses; enfin dans certaines régions il y a des remous, des tourbillons qui ne se mélangent pas à la masse gazeuze totale, de sorte que ce qui est vrai dans un four ne l'est pas dans un autre et peut même ne pas être vérifiable. Comparer l'atmosphère d'un four avec celle d'un tube dans lequel passe un gaz serait une naïveté. Quand on opère toujours d'une manière identique, en puisant les gaz à une place choisie d'avance en conduisant le four de la même manière, on se trouve évidemment dans les conditions les plus avantageuses. Mais alors ce n'est plus une mesure industrielle que l'on effectue, c'est une détermination scientifique et c'est toujours ainsi qu'il faut considérer les indications données dans les travaux d'un certain nombre de savants. Leurs analyses sont

---

([1]) *Voir* pour plus de détails le Mémoire original.

([2]) *Gasanalytische Methoden*, 1900, Brunswick.

les résultats de leurs investigations; il est tout naturel de les voir figurer dans les relations de leurs recherches, il serait téméraire d'en déduire des généralisations inconsidérées.

Dans certaines fabriques, en petit nombre il est vrai, on effectue couramment des dosages rapides. On est en droit pourtant de se demander si ce contrôle est une sécurité, étant donnée la difficulté de déduire des conséquence rigoureuses dans un cas aussi délicat.

V. — CONSTRUCTION DES FOURS.

Les fours sont construits avec des briques réfractaires. Par mesure d'économie on peut ne se servir de la brique réfractaire que pour le revêtement interne et employer la brique ordinaire pour l'extérieur. Sous l'action de la chaleur et des dilatations le four subit des pressions considérables; aussi doit-on le maintenir avec des cercles et des fers boulonnés. Dans la construction il ne faut employer que du ciment réfractaire. La chambre où s'effectue la combustion subit des altérations qui varient avec la nature du combustible et le genre de produits fabriqués. La cuisson au bois a l'inconvénient d'amener des alcalis qui attaquent les briques en donnant des silicates vitreux.

Les règles qui président à la construction des fours n'ont rien d'absolu. Beaucoup de fours ont été copiés sur des modèles reconnus comme fonctionnant d'une manière satisfaisante. Souvent ce n'est qu'à coup de retouches que l'on est arrivé à régler un four.

Prenant comme type un four à porcelaine, nous dirons que l'on peut compter $0^{m^2},0524$ de grille par mètre cube de four (sans compter le globe) et que le rapport de l'entrée à la sortie doit être compris entre 3 à 1 et 2 à 1.

Il faut considérer ces données comme de simples renseignements, car on trouve dans d'autres fours d'autres rapports que ceux que nous indiquons. Nous avons adopté les chiffres qui nous ont paru les moins exposés à la critique.

CHAPITRE IX.

GLAÇURES, COUVERTES, ÉMAUX.

Au sortir du four les poteries seraient dépourvues d'éclat si on ne leur appliquait une composition vitrifiable fusible ou *glaçure*. Les produits dont la pâte reste poreuse après cuisson ne pourraient avoir que peu d'emplois si l'apposition d'une couverte ne venait détruire cette propriété fâcheuse et empêcher la pâte de s'imprégner de matières diverses. Au point de vue artistique on peut, en tirant parti des ressources variées que présente la Chimie, faire choix de couvertes qui donneront aux objets un extérieur agréable en permettant l'application et la mise en valeur d'un décor.

On fait souvent dans le langage ordinaire une confusion regrettable entre les divers mots : glaçures, vernis, émaux et couvertes. Il y aurait intérêt à réserver à chacun de ces mots un sens défini. On emploie plus particulièrement le mot de *couverte* pour désigner la glaçure de la porcelaine. Quant au mot *émail* il devrait être réservé spécialement aux émaux proprement dits, c'est-à-dire aux compositions fusibles plombeuses renfermant des colorants en dissolution.

Par *vernis* on entend le plus souvent les compositions employées pour détruire l'imperméabilité des terres cuites. Le mot *glaçure* (dérivé de l'allemand *glas*) devrait être utilisé pour nommer tout ce qui est susceptible de se vitrifier par la chaleur. Ces distinctions ne sont pas admises dans la pratique. Les porcelainiers et les faïenciers emploient constamment le mot *émail;* lorsque l'on a en vue les vernis des poteries, on trouve parfois le mot *glaçure,* de telle sorte que les dénomi-

nations proposées par les auteurs n'ont pas de sanction dans l'usage. Du reste l'emploi de ces mots est gêné par les termes du métier; les ouvriers qui appliquent les couvertes, vernis, glaçures s'appelant *émailleurs,* leur travail constituant l'émaillage, on conçoit qu'il devient très difficile de respecter les conventions du langage par suite d'une insuffisance de mots.

I. — ÉTUDE CHIMIQUE DES GLAÇURES.

Les glaçures sont des silicates ou des borosilicates. Les bases combinées aux anhydrides sont les oxydes des métaux alcalins ou alcalino-terreux et l'oxyde de plomb : potasse, soude, chaux et protoxyde de plomb. L'introduction de la baryte est peu fréquente. A ces composés il faut ajouter l'alumine dont le rôle chimique n'est pas bien défini. Peut-être cet oxyde entre-t-il simplement dans la constitution de silicates polybasiques, peut-être aussi concourt-il à la production de silico-aluminates. Comme on le voit ces éléments sont ceux que l'on rencontre dans les verres.

Nous ne considérons pour le moment que les glaçures se comportant comme des verres, c'est-à-dire donnant une masse transparente non colorée ou peu colorée.

Si l'on examine les différents types de glaçures on trouve que l'on peut les ramener aux types suivants :

1° *Glaçures plombeuses formées par un silicate de plomb plus ou moins acide.* — Ces couvertes servent à recouvrir les poteries, dites *poteries vernissées,* et les terres cuites.

2° *Glaçures alcalines provenant de l'union d'un oxyde alcalin à la silice.* — Les couvertes des grès dits *salés* sont de ce type. Elles renferment en outre de ces deux corps de l'alumine. Les couvertes de la porcelaine dure française sont également alcalines et alumineuses.

3° *Glaçures alcalino-calcaires.* — Ces couvertes se rapprochent beaucoup des verres par leur nature chimique. Ce sont des silicates bibasiques plus ou moins alumineux.

4° *Glaçures boraciques.* — Ces couvertes ne sont pas unique-

ment des borates, ce sont des silico-borates. Les bases qu'elles renferment sont les alcalis et les terres alcalines : potasse, soude, chaux, et aussi l'oxyde de plomb. Les glaçures de la faïence fine appartiennent à cette dernière catégorie.

Les propriétés de ces différentes glaçures sont liées à leur composition et au rapport des différents corps.

Les glaçures plombeuses sont facilement fusibles, surtout quand elles sont riches en oxyde de plomb : $PbOSiO^2$ fond au rouge faible et $PbO.2SiO^2$ au rouge vif.

Les couvertes exclusivement alcalines ne peuvent être employées. Elles seraient formées de composés solubles, ce qui serait un gros inconvénient pour leur emploi. De plus elles sont sujettes à dévitrification. Les silicates alcalins sont facilement fusibles; ils sont relativement mal connus. Les silicates potassiques sont moins fusibles que les silicates sodiques correspondants.

Le silicate de calcium ne se vitrifie pas quand il est seul; mais, mélangé avec des silicates, tels que les silicates alcalins, il se comporte comme un silicate vitrifiable. Pourtant les verres uniquement alcalino-calcaires ont une tendance à la dévitrification. Des observations analogues peuvent être faites au sujet du silicate de baryum, ce dernier est plus fusible que le silicate de calcium.

L'aluminium ne donne pas de silicates fusibles. Les silicates allant de Al^2O^3, SiO^2 à $Al^2O^3, 3SiO^2$ sont réfractaires. Mélangés avec des matières basiques ou des silicates ou des borates, ils forment des silicates complexes plus ou moins fusibles. La fusibilité diminue en général quand la teneur en alumine s'élève.

Les borates sont plus fusibles que les silicates des métaux correspondants, on ne les emploie pas à l'état seul.

Au point de vue de la composition chimique, les glaçures présentent d'assez grands écarts. Elles représentent des verres dont le rapport de l'anhydride à la base n'est pas toujours du même ordre que l'acidité des verres usuels. Il est commode pour la représentation d'adopter la mise en formule. On écrira en molécules en calculant la formule pour une molécule

d'oxydes (MO ou M^2O), les sesquioxydes étant mis à part et n'entrant pas dans la molécule unitaire.

Les glaçures les plus fusibles sont des silicates plombeux; en augmentant l'acidité la fusibilité s'élève. L'addition d'alumine, de chaux et de potasse permet d'obtenir des glaçures plus dures. Voici les deux limites de ce genre de couvertes :

$$PbO,\ 1{,}5SiO^2 \quad \text{à} \quad \left.\begin{cases} 0{,}7\,PbO \\ 0{,}2\,CaO \\ 0{,}1\,K^2O \end{cases}\right\} 0{,}3Al^2O^3,\ 3SiO^2.$$

On peut aussi obtenir des glaçures fusibles à bases d'alcalis et de terres alcalines,

$$\left.\begin{cases} 0{,}6K^2O \\ 0{,}4CaO \end{cases}\right\} 0{,}1\,Al^2O^3 \begin{cases} 2{,}7\,SiO^2 \\ 0{,}5B^2O^3 \end{cases}$$

à

$$\left.\begin{cases} 0{,}2K^2O \\ 0{,}8CaO \end{cases}\right\} 0{,}7Al^2O^3 \begin{cases} 5{,}4SiO^2, \\ 1\,B^2O^3. \end{cases}$$

Les glaçures barytiques fusibles seront comprises entre

$$\left.\begin{cases} 0{,}50K^2O \\ 0{,}25CaO \\ 0{,}25BaO \end{cases}\right\} \begin{matrix} 2{,}4SiO^2 \\ 0{,}6B^2O^3 \end{matrix} \quad \text{et} \quad \left.\begin{cases} 0{,}50K^2O \\ 0{,}25CaO \\ 0{,}25BaO \end{cases}\right\} 0{,}1\,Al^2O^3 \begin{cases} 3{,}4\,SiO^2, \\ 0{,}6B^2O^3. \end{cases}$$

Ces glaçures ont des points de fusion allant de la fusion de l'argent à celle de l'or.

Seger (¹), qui a étudié avec un soin tout particulier les glaçures non plombeuses, a examiné les glaçures suivantes :

$$\text{(I)} \qquad \left.\begin{matrix} 0{,}6K^2O \\ 0{,}4CaO \end{matrix}\right\} 2{,}5SiO^2,\ 0{,}5B^2O^3,$$

$$(\text{I}a) \qquad \left.\begin{matrix} 0{,}6Na^2O \\ 0{,}4CaO \end{matrix}\right\} 2{,}5SiO^2,\ 0{,}5B^2O^3.$$

On peut préparer aussi une glaçure intermédiaire I*b* à la fois sodique et potassique (renfermant $0{,}3K^2O$ et $0{,}3Na^2O$).

Il est facile d'établir de suite les mélanges à effectuer, il

(¹) SEGER, *Tonindustrie Zeitung*, 1889, p. 515.

suffit de les écrire en poids moléculaires. Voici les quantités à prendre pour préparer ces trois glaçures :

	I.		I*a*.		I*b*.	
	Moléc.	Poids.	Moléc.	Poids.	Moléc.	Poids.
Azotate de potassium..	0,6	60,60	»	»	0,3	30,30
Marbre..............	0,4	40,00	0,4	40,00	0,4	40,00
Sable quartzeux.......	2,5	90,00	2,5	90,00	0,4	90,00
Acide borique........	0,5	31,00	0,5	31,00	»	»
Borax...............	»	»	»	»	0,25	50,5
Carbonate de soude anhydre............	»	»	0,6	46,20	0,05	5,30

Ces compositions se comportent très bien sur des pâtes siliceuses en donnant des verres très purs dont la fusibilité peut être changée si l'on fait varier les rapports des molécules de soude et de potasse. On obtient ainsi une série commençant un peu au-dessus de la fusion de l'argent et s'arrêtant au-dessus de la fusion de l'or.

On préparera d'autres couvertes de même acidité en faisant varier la quantité de chaux par rapport aux alcalis :

II. $\left.\begin{matrix} 0{,}5\,K^2O\,(Na^2O) \\ 0{,}5\,CaO \end{matrix}\right\}\ 2{,}5\,SiO^2,\ 0{,}5\,B^2O^3.$

III. $\left.\begin{matrix} 0{,}4\,K^2O\,(Na^2O) \\ 0{,}6\,CaO \end{matrix}\right\}\ 2{,}5\,SiO^2,\ 0{,}5\,B^2O^3.$

IV. $\left.\begin{matrix} 0{,}3\,K^2O\,(Na^2O) \\ 0{,}7\,CaO \end{matrix}\right\}\ 2{,}5\,SiO^2,\ 0{,}5\,B^2O^3.$

V. $\left.\begin{matrix} 0{,}2\,K^2O\,(Na^2O) \\ 0{,}8\,CaO \end{matrix}\right\}\ 2{,}5\,SiO^2,\ 0{,}5\,B^2O^3.$

La glaçure III :

$$\left.\begin{matrix} 0{,}2\,K^2O \\ 0{,}2\,Na^2O \\ 0{,}6\,CaO \end{matrix}\right\}\ 2{,}5\,SiO^2,\ 0{,}5\,B^2O^3$$

a donné un verre transparent légèrement opalin sur les bords du creuset ayant servi à la fusion.

La glaçure IV :

$$\left.\begin{matrix} 0{,}3\,K^2O \\ 0{,}7\,CaO \end{matrix}\right\} 2{,}5\,SiO^2,\ 0{,}5\,B^2O^3$$

a donné une masse laiteuse, inemployable comme glaçure.

L'introduction de l'alumine dans ces glaçures a produit divers phénomènes.

Avec $0^{mol},1$ de kaolin mêlé à 1^{mol} de glaçure, on obtient

$$\left.\begin{matrix} 0{,}6\,K^2O\,(Na^2O) \\ 0{,}4\,CaO \end{matrix}\right\} 0{,}1\,Al^2O^3,\ 2{,}7\,SiO^2,\ 0{,}5\,B^2O^3;$$

cette glaçure est plus dure que les précédentes. On peut apporter jusqu'à $0{,}3\,Al^2O^3$. Au delà de cette limite la glaçure s'opacifie.

Pour obtenir des glaçures alumineuses moins fusibles il faut augmenter l'acidité en même temps que l'on ajoute des quantités de plus en plus élevées d'alumine. Ainsi

$$\left.\begin{matrix} 0{,}6\,K^2O\,(Na^2O) \\ 0{,}4\,CaO \end{matrix}\right\} 0{,}6\,Al^2O^3,\ 5\,SiO^2,\ B^2O^3$$

donnera une glaçure à peu près transparente, si toutefois le refroidissement n'a pas lieu trop lentement.

Une glaçure telle que

$$\left.\begin{matrix} 0{,}3\,K^2O \\ 0{,}3\,Na^2O \\ 0{,}4\,CaO \end{matrix}\right\} 0{,}8\,Al^2O^3,\ 5{,}4\,SiO^2,\ B^2O^3$$

se comporte très bien.

Les glaçures du type II sont capables de fournir aussi des glaçures alumineuses par addition de $0^{mol},1$, $0^{mol},2$, etc. de kaolin. Mais, à part la glaçure à $0{,}1\,Al^2O^3$, l'addition de kaolin apporte partout des perturbations ; ainsi :

$$\left.\begin{matrix} 0{,}5\,K^2O \\ 0{,}5\,CaO \end{matrix}\right\} 0{,}2\,Al^2O^3,\ 2{,}9\,SiO^2,\ 0{,}5\,B^2O^3,$$

quand elle est refroidie lentement, a une tendance à l'opalisation. Avec $0{,}3\,Al^2O^3$ l'opacification est complète.

En changeant le type de la glaçure on obtient des couvertes

plus siliceuses et plus boraciques, fondant entre les montres 8 et 10 de Seger, telles que

$$\left.\begin{array}{l}0,3\,K^2O\\0,2\,Na^2O\\0,5\,CaO\end{array}\right\}\,0,5\,Al^2O^3,\ 5\,SiO^2,\ B^2O^3,$$

$$\left.\begin{array}{l}0,3\,K^2O\\0,2\,Na^2O\\0,5\,CaO\end{array}\right\}\,0,6\,Al^2O^3,\ 5,2\,SiO^2,\ B^2O^3,$$

$$\left.\begin{array}{l}0,3\,K^2O\\0,2\,Na^2O\\0,5\,CaO\end{array}\right\}\,0,7\,Al^2O^3,\ 5,4\,SiO^2,\ B^2O^3.$$

Elles fournissent toutes trois des glaçures transparentes. L'addition d'alumine aux glaçures du type III, IV et V amène l'opacification. En élevant leur acidité comme précédemment on peut forcer la teneur en alumine et amener la glaçure à être transparente. Telles sont

$$\left.\begin{array}{l}0,2\,K^2O\\0,2\,Na^2O\\0,6\,CaO\end{array}\right\}\,0,6\,Al^2O^3,\ 5,2\,SiO^2,\ B^2O^3,$$

$$\left.\begin{array}{l}0,3\,K^2O\\0,7\,CaO\end{array}\right\}\,0,5\,Al^2O^3,\ 4\,SiO^2,\ B^2O^3,$$

$$\left.\begin{array}{l}0,3\,K^2O\\0,7\,CaO\end{array}\right\}\,0,6\,Al^2O^3,\ 6\,SiO^2,\ B^2O^3.$$

Pour se rendre compte de l'action de l'anhydride borique on a fait les trois glaçures

$$\left.\begin{array}{l}0,3\,K^2O\\0,7\,CaO\end{array}\right\}\,0,5\,Al^2O^3,\ 4\,SiO^2,\ 0,5\,B^2O^3,$$

$$\left.\begin{array}{l}0,3\,K^2O\\0,7\,CaO\end{array}\right\}\,0,5\,Al^2O^3,\ 4\,SiO^2,\ B^2O^3,$$

$$\left.\begin{array}{l}0,3\,K^2O\\0,7\,CaO\end{array}\right\}\,0,5\,Al^2O^3,\ 4\,SiO^2,\ 2\,B^2O^3.$$

La première s'est conservée transparente, la seconde a été opalisée, quant à la troisième elle est devenue absolument laiteuse. Elles avaient été chauffées à la montre 9.

Ces expériences amènent à conclure que l'emploi de ces glaçures alcalino-calcaires est compris entre d'étroites limites. Le rapport des alcalis à la chaux oscille entre $0,6K^2O$ ou $0,6Na^2O$ et $0,4CaO$ et $0,2K^2O$ ou $0,2Na^2O$ et $0,8CaO$. Les couvertes alcalines sont préférables aux glaçures calcaires pour les pâtes siliceuses, l'inverse a lieu quand il s'agit de pâtes alumineuses. Il est plus avantageux d'appliquer sur ces dernières pâtes des glaçures pauvres en alcalis.

Si l'on examine maintenant les glaçures alumino-calcaires, on peut conclure que l'acidité ne doit pas trop s'abaisser. On ne doit pas descendre au-dessous de 4^{mol} de silice, tout en évitant de dépasser $5SiO^2$ pour 1^{mol} de base. La teneur en anhydride borique est peu sujette à variations; le minimum sera $0^{mol},5$ et le maximum, 1^{mol}. Un excès de ce dernier corps pourrait en effet amener de l'opacité.

Les limites de ces glaçures seront

$$\left.\begin{matrix}0,6K^2O(Na^2O)\\0,4CaO\end{matrix}\right\}0,5Al^2O^3,\ 4SiO^2,\ 0,5B^2O^3,$$

$$\left.\begin{matrix}0,2K^2O(Na^2O)\\0,8CaO\end{matrix}\right\}0,6Al^2O^3,\ 5SiO^2,\ B^2O^3.$$

Comme on le voit, l'emploi de ce genre de compositions est délicat, car il nécessite une suite d'essais peu en rapport avec les ressources et les habitudes des potiers. On tirerait pourtant de ces considérations des résultats pratiques si l'on se donnait la peine d'essayer méthodiquement les glaçures de ce type.

Seger [1] a étudié également des couvertes à la baryte fusibles facilement et moins difficiles à obtenir que les précédentes, en partant de la glaçure

$$BaO,\ Na^2O,\ 5SiO^2,\ B^2O^3$$

correspondant à

Sulfate de baryum	233,5
Carbonate de sodium anhydre	53
Borax cristallisé	191
Sable siliceux	300
Charbon de bois	25

(1) SEGER, *Tonindustrie Zeitung*, 1884, p. 143 et suiv.

Par l'addition de kaolin et de sable siliceux purs à cette masse fondue on fait une série de glaçures allant de

$$\left.\begin{matrix} 0,5\,BaO \\ 0,5\,Na^2O \end{matrix}\right\} 0,1\,Al^2O^3,\ 3,25\,SiO^2$$

à

$$\left.\begin{matrix} 0,5\,Na^2O \\ 0,5\,BaO \end{matrix}\right\} 0,3\,Al^2O^3,\ 5,5\,SiO^2,$$

fondant depuis la fusion de l'argent jusqu'à celle d'un alliage d'or à 15 pour 100 de platine (1300°)?

En étudiant des dérivés du borosilicate original :

$$BaO,\ Na^2O,\ 5\,SiO^2,\ B^2O^3,$$

il a pu constater que, en augmentant la teneur en baryte aux dépens de la soude, la glaçure se comportait comme les glaçures fortement calcaires, qu'elle montrait une tendance à se troubler. En faisant varier le rapport de l'anhydride borique à la silice on voit qu'en diminuant la teneur en anhydride borique et en augmentant celle en silice, on s'expose à la dévitrification.

En élevant l'acidité, en introduisant plus d'alumine et en supprimant les oxydes donnant les silicates les moins durs, comme l'oxyde de plomb, on élève le point de fusion. Telles sont les glaçures suivantes, qui sont notablement plus dures que les précédentes :

$$MO,\ 0,4\,Al^2O^3,\ 2,5\,SiO^2, \quad MO.Al^2O^3,\ 10\,SiO^2.$$

De semblables glaçures sont peu fusibles. Elles ne fondent pas au-dessous de 1100° environ.

Alors que les verres sont compris dans des limites relativement étroites, nous avons vu que l'acidité des glaçures variait entre d'assez larges limites. Ces écarts sont nécessités par les différentes fabrications, qui demandent à ces compositions de posséder des propriétés d'adaptation en rapport avec les produits.

Les faïences communes et fines françaises reçoivent des glaçures allant du type $MO, 1,5\,SiO^2$ à $MO, 3\,SiO^2$; les mêmes poteries de provenance allemande ou anglaise ont des glaçures variant de $MO, 0,1\,Al^2O^3, 2,5\,SiO^2$ à $MO, 0,4\,Al^2O^3, 4,5\,SiO^2$.

Quant aux porcelaines, leurs couvertes sont comprises dans l'intervalle $MO, 0,5 Al^2O^3, 5 SiO^2 - MO, 1,25 Al^2O^3, 12 SiO^2$. Les exigences de la couverte et de la pâte nous amènent à rencontrer dans la pratique toutes les compositions intermédiaires.

Nous venons seulement de considérer des glaçures transparentes incolores. Il peut y avoir intérêt à les rendre opaques, pour cacher, par exemple, la couleur de la pâte formant le produit. L'addition de corps tels que le bioxyde d'étain, l'anhydride arsénieux, l'oxyde d'antimoine, le phosphate de calcium, pour ne citer que ceux que l'on utilise dans l'industrie, trouble ces sortes de verres et les opacifie s'il y a une quantité suffisante de ces agents. Le mécanisme de leur action est mal connu au point de vue chimique; ces opacités se produisent dans des verres, qu'ils soient plombeux ou non plombeux. On peut supposer, jusqu'à plus ample confirmation, qu'il se produit des précipitations de silice ou de sels insolubles dans le flux, pour une certaine acidité. L'opacification a lieu encore quand on force la teneur en alumine. Il est intéressant aussi de citer ce qui a lieu quand on introduit dans les couvertes des corps fluorés (spath-fluor, cryolite). Dans certaines conditions, on obtient des couvertes blanches, non transparentes.

L'introduction de certains oxydes solubles dans les silicates et borosilicates amène une coloration. On colore ainsi les couvertes différemment suivant la nature de l'oxyde ajouté.

Il est nécessaire, pour conserver le type de la couverte employée, de ne pas faire les additions d'une manière quelconque et de procéder par substitution d'un oxyde à un autre, en tenant compte des poids moléculaires autant que possible. Il est difficile d'opérer ainsi avec les opacifiants puisque l'on ignore leur rôle chimique; ainsi l'on sait que les couvertes fusibles que nous avons indiquées peuvent supporter de 10 à 15 pour 100 de l'oxyde d'étain SnO^2 et donner une glaçure opaque satisfaisante. Lorsqu'il s'agit de compositions colorées, on peut raisonner le travail plus facilement et procéder ainsi. Soit une glaçure

$$MO, 0,3 Al^2O^3, 3 SiO^2.$$

Nous voulons introduire une certaine quantité d'un colo-

rant RO. Nous en représenterons le poids moléculairement en affectant RO d'un multiplicateur x ($x < 1$). La couverte modifiée deviendra

$$\left.\begin{array}{r}(1-x)\,\mathrm{MO}\\ x\,\mathrm{RO}\end{array}\right\}\ 0,3\,\mathrm{Al^2O^3},\ 3\,\mathrm{SiO^2}.$$

Il ne faut pas ajouter une quantité exagérée de colorant si l'on veut conserver à la composition le caractère d'une couverte, autrement dit d'une couche vitreuse translucide et colorée. Nous verrons, en parlant de la décoration, les conditions à réaliser pour obtenir ce résultat.

L'addition de certains corps aux couvertes n'amène pas toujours l'opacité, la coloration ou la conservation de la transparence vitreuse. Des troubles particulièrement intéressants peuvent se produire. En ajoutant de l'oxyde de zinc à une couverte alumineuse alcalino-calcaire, MM. Lauth et Dutailly (1) ont obtenu de petits cristaux prismatiques associés en croix noyés dans la couverte. Pendant le refroidissement, ces cristaux ont pris naissance au milieu de la couverte, encore liquide et jouant le rôle d'eau mère. A son tour la couverte s'est solidifiée, enveloppant le tout d'un enduit vitreux.

La couverte originale employée (septembre 1885) avait pour composition :

SiO^2	57,49
Al^2O^3	11,68
Na, K } O	6,12
CaO	6,72
ZnO	18

Elle était du type $2{,}4\,\mathrm{SiO^2},\ 0{,}3\,\mathrm{Al^2O^3}\left\{\begin{array}{l}0{,}54\,\mathrm{ZnO},\\ 0{,}16\,\mathrm{K^2O},\\ 0{,}30\,\mathrm{CaO}.\end{array}\right.$

L'établissement d'une couverte d'une fusibilité déterminée

(1) Ch. Lauth et Dutailly, *Génie civil*, 1887. — Ch. Lauth, *La Manufacture nationale de Sèvres*, p. 276.

est d'une grande importance pour la détermination de l'accord entre la pâte et la couverte. Fixer le point de fusion signifie, dans ce cas, déterminer la température nécessaire pour que la glaçure s'étende bien sur les pièces en leur donnant un brillant agréable, sans toutefois l'amener à un degré de fluidité telle qu'elle soit absorbée par la pâte poreuse et vienne à s'écouler comme un liquide le long des parois. Le point de fusion est lié à la composition qualitative et quantitative de la couverte. Voici les différents facteurs qui pourront le faire varier :

1° Rapport entre les bases et la silice;

2° La nature des bases;

3° La teneur en alumine par rapport aux bases et à la silice;

4° Le rapport entre les anhydrides silicique et borique (dans le cas où ce dernier corps est substitué à de la silice).

La fusibilité des verres, toutes choses égales d'ailleurs, en ce qui concerne les bases, varie avec la teneur en silice. Par elle-même nous savons que la silice supporte des températures élevées sans modification, mais les combinaisons qu'elle forme avec les bases sont plus ou moins fusibles. Le point de fusion est d'autant plus élevé que la combinaison est plus riche en silice. Une grande basicité leur donne la faculté de rester pâteux et de s'étirer facilement.

Rappelons que le verre normal est voisin d'un trisilicate; en faisant varier son acidité nous changeons ses propriétés. En augmentant la quantité de silice on multiplie les chances de dévitrification; en la diminuant, le verre perd sa ductilité, c'est-à-dire sa facilité de se laisser étirer et souffler. Nous rappellerons que la dévitrification est produite par la séparation dans la masse de silicates cristallins qui troublent le verre et lui enlèvent son éclat en lui donnant un aspect porcelanique. Si, maintenant, pour faire varier la fusibilité, l'on augmente ou l'on diminue la teneur en silice par des variations dans la quantité des oxydes introduits, la masse se comporte comme le verre quand il s'agit de composés fusibles, peu ou pas alumineux, dont la composition reste comprise dans les limites $2SiO^2$ à $3SiO^2$ pour une molécule de bases.

Tous les oxydes basiques n'agissent pas de la même manière vis-à-vis de la silice au point de vue de la fusibilité. La loi de Richter et Bischoff (concernant la fusibilité de l'argile) dit que des quantités équivalentes d'oxygène ont la même influence; aux températures élevées, nécessitées par l'essai des argiles, on peut admettre qu'elle est applicable à une substance ne retenant que de faibles quantités de bases, mais elle n'a aucune valeur quand on opère à des températures moins élevées et quand on étudie des silicates plus basiques.

Parmi les oxydes qui ne colorent pas les couvertes nous examinerons les suivants, disposés par ordre croissant d'infusibilité : PbO, BaO, K^2O, Na^2O, ZnO, CaO, MgO, Al^2O^3. C'est dans cet ordre qu'il faut ranger ces corps quand on veut prévoir le résultat provenant du remplacement de l'oxyde de plomb, dans un verre plombeux, par une quantité équivalente d'un autre oxyde. Les composés oxydés employés comme colorants ont aussi leur influence et il faut en tenir compte; seulement, leur manière d'agir est plus complexe, car il peut y avoir formation d'un verre fusible coloré et dissolution de l'oxyde dans ce verre.

Le corps qui agit le plus vivement sur la fusibilité, et que l'on place tout près de l'oxyde de plomb, est l'oxyde de cuivre. Après lui se placent les oxydes de manganèse, de cobalt, de fer, d'urane, de chrome et de nickel. En examinant la première série citée plus haut, on trouve que ce sont les oxydes à poids moléculaire élevé qui occupent le premier rang, puisqu'ils se succèdent dans l'ordre des molécules de poids décroissants. Dans le groupe des oxydes colorants, on ne pourra faire de remarque analogue. parce que les métaux qui leur donnent naissance ont des poids atomiques peu différents. En comparant maintenant la composition de diverses glaçures, on trouvera que les plus fusibles, qui sont aussi les plus tendres et les plus attaquables, sont les plus pauvres en silice. C'est la conséquence naturelle de ce que nous venons de dire, car, puisque les composés amenant la plus grande fusibilité ont les plus grandes valeurs moléculaires, il est évident qu'ils doivent tenir la plus grande place dans la composition centésimale.

Nous venons de voir le rôle de la nature des éléments dans les couvertes; leur nombre intervient aussi. En effet, les alcalis et l'oxyde de plomb seuls donnent des silicates fusibles et transparents tandis que les oxydes terreux ne donnent que des masses vitreuses opaques; mais ces dernières ont une résistance que les silicates alcalins et plombeux n'ont pas (on sait que les couvertes formées de silicates alcalins seuls seraient attaquées par l'eau). Aussi, dans la pratique, associe-t-on au moins deux de ces oxydes, dont l'un est un alcali : la pratique ayant montré que la multiplicité des bases était avantageuse. Ainsi, un verre potassico-sodico-calcaire sera plus fusible qu'un autre verre, ayant la même acidité, mais seulement potassique et calcaire ou sodique et calcaire. Ce fait n'est pas expliqué scientifiquement, mais on peut le rapprocher de l'abaissement du point de fusion constaté dans les alliages. L'alliage de Rose fond à 95° et, pourtant, le plus fusible de ses éléments, l'étain, ne fond qu'à 228°.

Jusqu'ici nous sommes restés muets sur le rôle complexe que peut jouer l'alumine. Nous avons considéré cette combinaison comme un simple oxyde, et nous savons pourtant que l'anhydride aluminique ne se comporte pas comme une base dans le cas des aluminates. Aux températures des fours à porcelaine, Bischoff a conclu que, si ce corps se trouve avec d'autres oxydes en petites quantités dans les argiles réfractaires, cette combinaison joue le rôle de base ou, comme l'on dit en langage céramique, de fondant. L'introduction d'alumine dans les couvertes constitue un moyen pour élever le point de fusion ou pour faire varier le rapport de la silice aux bases, au double ou au triple. On peut de cette manière éviter les accidents (dévitrification, etc.) que l'on aurait à redouter avec des couvertes non alumineuses. Cette manière de se comporter de l'alumine nous porte à la considérer comme formant un silicate capable d'entrer en combinaison avec le silicate résultant de l'union de la silice avec les autres bases. Nous lui accorderons une capacité de saturation triple de celle d'un monoxyde et, en considérant Al^2O^3 comme représentant $3MO$, nous allons voir ce que deviennent les formules.

Les couvertes de grès sont comprises entre les limites extrêmes :

$$MO\ 0{,}1\,Al^2O^3.\ 2{,}5\,SiO^2, \quad MO\ 0{,}4\,Al^2O^3.\ 4{,}5\,SiO^2.$$

Elles deviennent :

$$1{,}3\,MO.\ 2{,}5\,SiO^2, \qquad 2{,}2\,MO.\ 4{,}5\,SiO^2,$$

$$\text{Rapport}\ \frac{SiO^2}{MO} : 1{,}92, \qquad 2{,}05.$$

Les couvertes de porcelaine nous donneront de même :

$$MO\ 0{,}5\,Al^2O^3.\ 4{,}5\,SiO^2, \quad MO\ 1{,}25\,Al^2O^3.\ 12\,SiO^2,$$

$$2{,}5\,MO.\ 5\,SiO^2, \qquad 4{,}5\,MO.\ 12\,SiO^2,$$

$$\frac{SiO^2}{MO} : 2, \qquad 2{,}55.$$

On voit que, comme pour le verre, on se rapproche d'un verre silicaté à $2^{mol},5$ de silice pour une molécule de base.

L'anhydride borique partage avec la silice la propriété de se combiner aux oxydes métalliques en donnant des corps fusibles, vitreux, amorphes, qui (à l'exception des borates alcalins) sont insolubles dans l'eau.

Les borates et les silicates peuvent se mêler en toutes proportions, mais ils se distinguent par ce fait que les borates sont plus fusibles que les silicates correspondants.

Le remplacement de la silice, par une quantité équivalente chimiquement d'anhydride borique, fournit un excellent moyen pour donner de la fusibilité sans que des accidents, tels que la dévitrification, puissent résulter de cette transformation.

En résumé de ce que nous avons établi, nous pouvons conclure que les moyens suivants s'offrent pour durcir une couverte :

1° Augmentation de la teneur en silice, sans aller toutefois jusqu'au trisilicate;

2° Remplacement d'un oxyde par un autre agissant moins énergiquement sans changer l'acidité (par exemple, remplacer

une portion d'oxyde de plomb par de la potasse, de la soude, de la chaux, de la magnésie);

3° Diminution du nombre des bases, toujours en gardant le même rapport entre la silice et les bases;

4° Introduction d'alumine ou augmentation de la quantité de ce corps déjà contenu en ajoutant la silice nécessaire pour la conservation du rapport de la silice aux bases;

5° Remplacement de l'anhydride borique, s'il y en a, par de la silice.

On arriverait au résultat inverse, c'est-à-dire à une fusibilité plus grande, en renversant les proportions ci-dessus.

II. — PRÉPARATION DES ÉMAUX ET GLAÇURES.

Les glaçures s'appliquent sur les poteries soit à l'état de matières ayant subi un commencement de combinaison au moyen d'une fusion ou d'un frittage préalables, soit à l'état de simple mélange des éléments. Dans certains cas il suffit, pour préparer une glaçure, d'en mélanger les éléments pulvérisés; les glaçures de poteries vernissées, les couvertes de porcelaines dures sont dans ce cas. D'autres glaçures, telles que les glaçures de faïences fines contiennent des alcalis, que l'on introduit dans la masse au moyen de matériaux solubles dans l'eau; pendant le broyage et la mise en couverte, comme le mélange se trouvera en contact avec ce liquide, la composition de la couverte sera altérée, il sera donc nécessaire d'amener la matière à un état qui lui permette de supporter l'action de l'eau. De là l'utilité d'une fusion qui produit une combinaison plus ou moins complète des divers éléments. La masse fondue, ou simplement frittée, pourra être broyée, lavée et pesée sans altération sensible. Ainsi si nous prenons, comme exemple, nne glaçure de faïence fine, nous trouverons que, pour la constituer, on aura recours aux matières suivantes : feldspath, borax, craie, silex, oxyde de plomb et argile.

On fera une légère fusion ou un frittage de borax, feldspath, oxyde de plomb et silex, on transformera ainsi le tout en un

silico-borate alumineux, alcalin et plombeux. Cette opération ne portera pas toujours sur la totalité du mélange, on se contentera de traiter le borax, matière soluble, par une quantité des autres matériaux suffisante pour faire une masse agglomérée par suite de la combinaison des corps, puis, à cette fritte, on ajoutera la quantité des autres corps insolubles nécessaire pour former un tout répondant à la composition désirée.

Voici, par exemple, comment l'on compose une glaçure de faïence fine anglaise :

Fritte.		Glaçure.	
Cornish stone....	10	Fritte...........	50
Quartz..........	30	Céruse..........	25
Feldspath........	15	Feldspath.......	25
Craie...........	15		
Borax	30		

La préparation d'une glaçure comprendra :

1° La pulvérisation des matériaux;

2° Le dosage des matériaux;

3° Le frittage ou la fusion si cela est nécessaire;

4° Le broyage de la masse fondue.

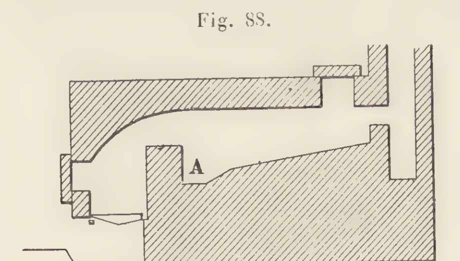
Le mélange sera ensuite amené à l'état de division voulu pour l'emploi.

Suivant la nature des glaçures leur production devra être plus ou moins considérable et les appareils auxquels on fera appel devront être plus ou moins importants. Les couvertes ordinaires d'une faïencerie ou d'une porcelainerie, qui se consomment en grande quantité, seront fabriquées dans des instruments de grosse production; les couvertes colorées, les émaux, et en général les préparations ayant un caractère plutôt décoratif, seront moins employés, on aura donc recours à des ustensiles plus petits.

Si l'on veut fritter de grandes quantités de matières, par exemple pour préparer une glaçure de faïence fine, on opérera dans un four à réverbère muni d'une porte de sortie par où l'on pourra extraire la masse une fois ramollie et la faire tomber dans un récipient.

Tous les potiers n'ont pas à leur disposition un four coulant. Pour éviter que les frittes ou les fontes n'adhèrent pas au four, on opérera sur un lit de sable. C'est ainsi qu'opéraient les

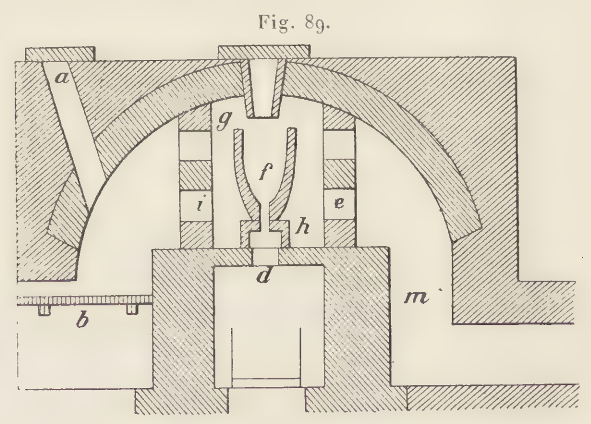
Fig. 88.



anciens faïenciers pour préparer l'émail stannifère; les matériaux de l'émail étaient disposés sous le four sur une couche de sable. D'autres fois on a employé des coquilles d'argiles. Quand on juge nécessaire de donner un fort coup de feu on place aussi le mélange dans des gazettes. Quel que soit le dispositif employé on doit nettoyer complètement la masse et la débarrasser de toute impureté adhérente.

Pour des glaçures colorées on peut opérer plus modestement, soit avec un four à vent en fondant la masse au creuset, soit dans un four coulant à creuset percé.

Fig. 89.



Dans ce four on introduit le mélange dans un creuset *f* percé, placé sur un support *h* muni d'un orifice correspondant

au trou du creuset. La masse fondue traverse le creuset, puis la sole du four et vient tomber par *d* dans un vase plein d'eau. Le foyer est en *b*; on l'alimente par *a*. L'orifice *c* sert au chargement. Les gaz de la combustion sortent en *m*. Avec deux creusets de 35^{cm} de haut on fond en 12 heures jusqu'à 100^{kg} de glaçure.

III. — POSE DES GLAÇURES.

Les glaçures ne s'appliquent pas toujours sur des substances dans le même état. On les place parfois sur la masse avant la cuisson, c'est la pose *sur cru*. Dans d'autres cas ce sont les produits déjà cuits que recouvre la glaçure; c'est le cas de la faïence fine. La pâte est déjà cuite quand on procède à la mise en couverte. Enfin, dans la fabrication de la porcelaine, c'est une pâte ayant déjà subi un commencement de cuisson, *le dégourdi,* qui reçoit la couverte.

Quand la poterie est émaillée sur cru, la cuisson de la pâte et de la couverte s'effectue en une seule opération. C'est ainsi, par exemple, que procèdent les Chinois pour la fabrication de leurs porcelaines.

Si la couverte est mise sur une poterie qui a supporté une faible cuisson, on termine la cuisson de la matière et l'on effectue celle de la couverte dans un second feu. C'est ce qui se passe dans la fabrication de la porcelaine européenne.

Lorsqu'on fait usage d'une couverte glaçant à une température moins élevée que la cuisson de la pâte, on fait une cuisson spéciale pour la couverte. C'est de cette dernière manière qu'opèrent les fabricants de faïence fine.

La pose des couvertes sur la poterie se fait en suivant divers procédés.

Trempage. — La pièce est immergée dans la couverte délayée dans l'eau. La pâte doit rester poreuse pour que la couverte pulvérulente puisse se déposer sur la surface. Il faut que la couverte soit bien délayée si l'on veut un dépôt régulier. La réus-

site de l'opération dépend de l'habileté de l'opérateur. Un séjour trop prolongé dans le bain amène un dépôt trop épais; une immersion trop courte ne donne qu'une couche trop mince glaçant mal au feu.

Les poussières et les taches de graisse sur les pièces sont à éviter. La pièce, propre au moment où elle pénètre dans le liquide, ne doit pas laisser voir de stries au moment où elle sort du liquide.

Pour parer au contact des doigts on se sert souvent de pinces pour prendre les pièces et les tremper.

On maintient les pièces en mouvement pendant leur séjour dans le bain. Les émailleurs qui font le trempage des assiettes en porcelaine les lancent dans le bain d'émail en leur donnant un mouvement de rotation sur elles-mêmes; ils envoient l'assiette d'une main et la reçoivent de l'autre. Quand on tient les pièces avec une pince, comme dans l'émaillage de certains objets de faïence fine, on leur fait effectuer deux rotations en sens inverse pour égaliser l'épaisseur de la couche.

Le trempage n'est applicable naturellement que sur une poterie suffisamment cuite pour supporter une immersion dans l'eau sans se déliter.

Aspersion. — En arrosant la poterie avec la couverte délayée, il est possible de lui donner une couche de couverte suffisamment épaisse. L'aspersion se fera en recouvrant la pièce d'émail délayé. On se sert pour cela d'une sorte de capsule que l'on remplit de liquide et dont on lance le contenu sur la pièce. C'est ce mode de faire que l'on emploie pour l'émaillage des carreaux à émail stannifère.

Au lieu de projeter le liquide on se contente aussi de le faire couler sur la surface à émailler. Pour émailler les briques on emploie dans certaines fabriques un vase ayant la forme d'une bouillotte. Le bec est plat et a la largeur de la partie de la brique à recouvrir d'émail. L'ouvrier tient la brique de la main gauche verticalement, applique le bec en haut de la surface à émailler et fait couler le liquide en faisant descendre le récipient, toujours appuyé sur la brique, jusqu'au bas de cette dernière.

Poudrage. — On fait tomber le mélange, constituant la glaçure, en poudre fine sur la pièce. On utilise cette manière de faire souvent sur des poteries encore un peu humides. Dans cet état les objets ne pourraient pas supporter le trempage ; l'humidité qu'ils contiennent suffit pour déterminer l'adhérence de la couche sur la surface.

Ce procédé offre des inconvénients très sérieux pour la santé des ouvriers, il fait respirer à ces derniers de l'air chargé de poussières. Quand le mélange renferme des matières plombeuses l'empoisonnement s'ajoute aux lésions qu'amène l'introduction de matières solides dans les voies respiratoires.

Volatilisation. — Les fabricants de grès salés émaillent le grès pendant la cuisson. Lorsque cette opération tire à sa fin, pendant que le four est encore très chaud, on jette du sel dans le four. Ce sel se volatilise et vient rencontrer la surface des pièces. Il y a silicatisation du sel. La vapeur d'eau contenue dans les gaz du foyer, les matières organiques que renferme le sel destiné à cet usage et les composés carbonés amenés par le combustible déterminent la décomposition du sel avec dégagement de chlore et d'acide chlorhydrique. La soude passe à l'état de silicate qui se répand sur les poteries et les glace.

On peut aussi disposer dans les gazettes une composition volatilisable sous l'action d'une température élevée. La couverte volatilisée se répand sur la gazetterie et sur les pièces. A ce genre d'émaillage se rapportent les *Flowing Colours* des Anglais.

Insufflation. — Au lieu de tremper la pièce dans le bain d'émail, ce qui ne peut être fait avec des poteries en cru ou avec des pièces de grandes dimensions, on lance l'émail délayé sur la pièce au moyen d'un insufflateur. En faisant tourner la pièce sur son axe, en opérant régulièrement de bas en haut et en passant plusieurs couches, on arrive à déposer une couche suffisamment régulière.

Les Chinois insufflent leurs couvertes depuis fort longtemps, mais ils ont recours à un matériel plus simple que le nôtre.

Pose au pinceau. — On peut à la rigueur recourir au pinceau pour appliquer les couvertes, seulement une application régulière est très difficile. S'il s'agit de grosses pièces et de larges tons, il est loisible de recourir à ce procédé sans inconvénient.

IV. — OBSERVATIONS SUR LES GLAÇURES; LEUR ACCORD AVEC LES PATES.

Quelle que soit la glaçure employée, elle doit être composée de telle sorte, qu'au moment de la fusion, elle s'étale complètement sur la surface qu'il s'agit de recouvrir. Il faut alors que la composition soit appropriée à la pâte et au genre de poteries que l'on fabrique. Il n'est pas toujours facile de déterminer la glaçure de telle sorte que ses parties constituantes aient une grande affinité pour les matériaux composant la pâte. Dans certaines pâtes, on a parfois à redouter la succion de la couverte par la masse. Le point de fusion sera proportionné à la matière qui supporte la couverte, et la température du four devra correspondre à ce point de fusion. Si la glaçure est dure à fondre, elle ne forme plus une surface uniformément glacée. Elle est déparée par de petites cavités et de petits points; cet accident aurait lieu également avec une couverte bien composée, mais insuffisamment cuite. Trop de fusibilité amène la coulure de la couverte, le dégarnissage des arêtes, l'absorption de la glaçure si la pâte est très poreuse. Dans ce dernier cas, la pièce sort terne. Un trop grand coup de feu amène le même résultat.

Il peut se produire aussi des accidents d'un tout autre ordre et dont les causes sont très importantes à connaître. Que va-t-il se produire quand on cuit une pièce avec sa glaçure, lorsque nous examinons la question au simple point de vue de la dilatation? Si la pâte et la glaçure ont la même dilatation, il y a accord, et la pièce sort du four avec une surface unie. Au contraire, si les dilatations sont inégales, il y a production de deux genres d'accidents. Lorsque la glaçure a un coefficient de dilatation supérieur à celui de la pâte, pendant le refroidissement, elle se contracte plus que la pâte et tend à se rétrécir plus que cette

dernière; si la tension vient à dépasser les limites de l'élasticité, cette couverte est obligée de se rompre pour compenser, par l'espace laissé entre les bords de la rupture, ce qui lui manque pour la conservation des dimensions de la pâte. C'est la tressaillure ([1]). Quand la pâte se dilate plus que la glaçure, le support, en perdant de sa longueur, comprime la glaçure, et cette compression peut être assez forte pour que la couverte quitte la pâte par éclat, d'où le nom d'*écaillage*.

L'attention des céramistes a été attirée depuis longtemps sur ces phénomènes, et leurs efforts pour les éviter les ont naturellement portés à étudier les moyens d'empêcher ce genre d'accidents. Des travaux sur la nature et les propriétés des couvertes étaient donc nécessaires.

Deux séries de travaux ont été entreprises sur ce sujet : d'une part, on a étudié chimiquement et céramiquement les couvertes, comme dans les recherches de M. Seger et, plus tard, de M. Hecht; d'autre part, on a cherché à étudier le problème physiquement, et c'est cette voie que M. Lechatelier a fait suivre à ses élèves.

Influence de la composition chimique sur les propriétés des pâtes et glaçures ([2]). — Nous avons vu, au début, qu'une inégale dilatation produit une tension de la couverte sur la pâte ou une compression de la couverte par la pâte. On pourrait évidemment déterminer les dilatations des pâtes et couvertes avec des appareils appropriés, mais une semblable détermination ne serait que d'un secours relativement peu pratique pour l'industriel. La grandeur de l'allongement ou de la contraction de la pâte, sous l'influence d'un échauffement ou d'un refroidissement, paraît moins importante à connaître que les circonstances pouvant modifier ces dilatations. Ce qui nous intéresse,

---

([1]) Le craquelé des Chinois est produit par une tressaillure voulue de la couverte. On comprend aisément qu'avec une différence dans les dilatations on puisse atteindre ce résultat.

([2]) SEGER, *Ueber Glasurfehler und deren Ursachen* (*Tonindustrie Zeitung*, 1882, p. 227 et *Seger's Schriften*, s. 441). — A. GRANGER, *Mon. scient.*, 1898, p. 385 et *La Céramique*, t. I, 1898, p. 28.

c'est de pouvoir empêcher les accidents qui se produisent si l'on applique une couverte quelconque sur une pâte également quelconque. Nous avons besoin de connaître par quels moyens nous pouvons modifier la dilatation et dans quel sens nous agissons sur elle.

Nous pensons, pour éviter des complications, que le meilleur moyen pour résoudre le problème consiste à prendre une pâte, formée de matières bien définies, et une couverte également bien connue. Voici comment Seger a exposé les résultats de ses recherches :

Nous avons fait choix d'une pâte à grès contenant une argile cuisant blanc, du quartz et du feldspath, et d'une couverte plombeuse formée d'un borosilicate sodico-plombeux.

Laissons maintenant les éléments de la pâte fixes, sauf un que nous ferons varier, l'argile. Ajoutons ce dernier corps de manière à élever la teneur de la pâte en argile de 5 à 15 pour 100 et cuisons des essais dans les mêmes conditions de température avec la glaçure. L'examen des essais nous fera voir que, sur ceux qui contiennent le moins d'argile, on ne distingue que peu ou pas de fissures, mais que leur nombre augmente en formant un réseau de plus en plus serré, dans les échantillons où la proportion d'argile augmente elle-même.

Nous pouvons en conclure que l'augmentation de la quantité d'argile dans la pâte diminue sa dilatation. Les résultats sont comparables avec des argiles de même nature, mais ils ne peuvent avoir la même valeur absolue, puisque deux argiles n'ont pas une composition identique. Les kaolins agissent plus énergiquement que les argiles plastiques.

Maintenant, laissons la matière argileuse fixe, augmentons la quantité de feldspath et faisons une nouvelle série d'expériences. Nous constatons que la tressaillure se développe quand on force la teneur en feldspath. Dans ce cas encore, *la dilatation, et par suite la contraction de la pâte, diminuent quand on introduit des quantités croissantes de feldspath.*

Reprenons les mêmes expériences, en faisant varier les quantités de quartz et en prenant ce corps toujours au même état de division. Nous arrivons cette fois au résultat opposé : les fissures

disparaissent et ne se produisent plus si nous ajoutons suffisamment de quartz.

L'introduction du quartz correspond donc à une augmentation de la dilatation. La finesse intervient aussi sur le résultat : ainsi la tressaillure disparaît plus vite et l'écaillage apparaît plus tôt quand on emploie du quartz fin au lieu du quartz gros. *La dilatation augmentera avec la teneur en quartz et elle sera d'autant plus élevée pour une même quantité de silice que celle-ci sera à un plus grand état de finesse.*

Tous ces résultats sont vrais pour une pâte cuite dans des conditions de température déterminées et identiques, mais il faut rappeler ici ce fait bien connu des céramistes qu'une couverte peut tressaillir sur une pâte insuffisamment cuite, tandis qu'elle se comporte bien sur un biscuit normalement cuit. L'écaillage pourrait même se produire en cuisant à une température plus élevée.

De toutes ces observations nous pouvons déduire les corrections à faire.

S'il y a tressaillure :

1° Diminution de la quantité de matière plastique et augmentation de la silice;

2° Remplacement d'une partie du kaolin par une autre argile de propriétés différentes;

3° Diminution de la quantité de feldspath;

4° Broyage plus fin du quartz;

5° Cuisson plus élevée du biscuit.

S'il y a écaillage :

1° Augmentation de l'élément plastique;

2° Remplacement de l'argile plastique par du kaolin;

3° Addition de feldspath;

4° Introduction du quartz en grains plus gros;

5° Cuisson plus faible du biscuit.

Nous pouvons faire maintenant avec la couverte le même genre de tentatives qu'avec la pâte. Nous nous donnons une

glaçure couverte déterminée, et rentrant dans le type cristal, correspondant à

$$0,5PbO, 0,5Na^2O, 2,5SiO^2,$$

puis, laissant la partie basique, nous faisons varier la quantité de silice par $0^{mol},1$, de manière à préparer la série

$$0,5PbO, 0,5Na^2O, 2SiO^2 - 0,5PbO, 0,5Na^2O, 3SiO^2.$$

Ces glaçures cuiront à des températures comprises entre 600° et 900°. Appliquons-les sur des fragments de pâte que nous aurons eu le soin de cuire dans les mêmes conditions. Nous remarquerons, après les avoir portées à leur température de fusion, que quelques-unes tressaillent, tandis que d'autres écaillent. L'écaillage se produit, il augmente avec l'accroissement de la quantité de silex; il diminue et la tressaillure prend naissance quand on diminue la proportion de silice. *La silice, dans ce cas, diminue donc le coefficient de dilatation.*

Dans cette couverte type dont nous sommes partis, nous pouvons maintenant introduire de l'anhydride borique et nous allons essayer

$$0,5PbO, 0,5Na^2O, 2,4SiO^2, 0,1B^2O^3,$$

jusqu'à

$$0,5PbO, 0,5Na^2O, 2SiO^2, 0,5B^2O^3.$$

S'il se produit des tressaillures, celles-ci diminuent avec la proportion d'anhydride borique; si, au contraire, il y a écaillage, celui-ci augmente d'une façon surprenante par addition de cet anhydride en quantité convenable. *L'anhydride borique agit donc aussi sur la dilatation et la diminue.*

Nous pouvons maintenant passer à une autre série d'expériences et apporter des changements à la nature des bases de la couverte. L'oxyde de plomb sera remplacé par la baryte, la chaux ou la magnésie; à la soude on substituera la potasse. Nous créerons ainsi toute une série de couvertes variant par leur fusibilité. Le point de fusion le plus bas appartiendra à la couverte originelle sodico-plombeuse, puis il s'élèvera quand on étudiera les combinaisons de bases : oxyde de plomb et potasse,

baryte et soude, chaux et soude, et enfin oxyde de plomb et magnésie.

Cuisons ces couvertes toujours sur les mêmes échantillons de pâte; elles ne se comportent nullement de la même manière. S'il se produit des tressaillures, le minimum sera produit avec la couverte à base de magnésie et de soude, le maximum sera donné avec l'oxyde de plomb et la soude. L'écaillage, s'il a lieu, sera naturellement le plus grand avec l'association magnésie et soude.

En employant successivement d'autres oxydes pour remplacer l'oxyde de plomb, nous avons introduit des molécules moins pesantes puisque le plomb possède le plus grand poids atomique parmi ces métaux; nous avons donc fait augmenter la proportion centésimale de la silice. En effet, la couverte oxyde de plomb et soude contenait 51,3 pour 100 de silice, tandis que le groupement contenant magnésie et soude renfermait 74,6 pour 100 de silice. En nous rappelant, comme nous l'avons vu déjà, qu'à une augmentation de silice correspond une augmentation de coefficient de dilatation, nous avons l'explication du résultat.

Il ne nous reste plus maintenant qu'un seul point à examiner, c'est l'action de l'alumine. Nous reprendrons toujours la même couverte et nous lui ajouterons 0,1, puis 0,2, 0,3 d'Al^2O^3; le point de fusion s'élèvera rapidement en même temps que nous nous éloignerons de l'aspect vitreux. Ces couvertes, toujours posées sur la même pâte, sur laquelle tressaillaient les couvertes non alumineuses, donnent lieu aux mêmes accidents, et nous constatons à peine un changement.

L'introduction de l'alumine paraît sans action sur la dilatation et la contraction; elle n'a d'autre effet que de changer le point de fusion.

Toutes ces observations conduisent aux solutions suivantes :

S'il y a production de tressaillures :

1° Augmentation de la proportion de silice, autrement dit diminution de la quantité de bases (il faudra tenir compte des conclusions déjà faites, c'est-à-dire ne pas atteindre les trisilicates). *Une addition d'alumine le permettra au besoin.*

L'élévation de la quantité de silice diminue la fusibilité;

2° Si l'on veut garder le même rapport de l'anhydride aux bases, *l'introduction de l'anhydride borique diminuera le coefficient de dilatation;*

3° Remplacement d'une base par une autre à poids moléculaire moins élevé.

S'il se produit de l'écaillage :

1° Diminution de la proportion de silice, en ne descendant pas au-dessous d'un bisilicate; en diminuant la proportion de l'anhydride borique et en le remplaçant par de la silice, on pourra conserver le même rapport;

2° Remplacement d'une base de poids moléculaire faible par une autre dont la molécule sera plus lourde.

Voici évidemment pour les fabricants toute une série de moyens permettant d'éviter des accidents fâcheux. Il y a dans cette énumération des solutions assez nombreuses, et il le faut puisque le cas peut être fort complexe. Nous y ajouterons une observation : c'est que les fabricants de grès et de porcelaine ont souvent constaté qu'une couverte qui sort satisfaisante d'une cuisson longue et convenable tressaille si on la soumet à une cuisson courte et moins élevée. L'explication de ce fait se trouve aisément. Les éléments de la couverte ne réagissent pas seulement les uns sur les autres; ils se trouvent en présence de la pâte, sur laquelle ils doivent produire une action chimique. La couverte est plus fusible que la pâte et contient plus de base qu'elle; au contraire, cette dernière est plus siliceuse.

Il y aura donc échange de part et d'autre et production d'une zone intermédiaire qui modérera la tension entre la pâte et la couverte. Ce n'est qu'à la faveur d'une température longtemps soutenue qu'elle pourra s'établir.

Étude physique des couvertes. — M. Le Chatelier a fait entreprendre, dans son laboratoire, par ses élèves une série de mesures de dilatation de pâtes et de couvertes. Les méthodes employées ne peuvent pas être appliquées par les industriels, elles nécessitent une habitude du laboratoire que l'on ne peut

pas exiger des praticiens. Nous n'exposerons pas ici les méthodes employées, leur description n'est pas à sa place dans un ouvrage industriel.

Dans les premières recherches les mesures ont été effectuées en employant la méthode de Fizeau, modifiée par M. Le Chatelier. Les résultats furent jugés encourageants, mais un certain nombre de critiques firent penser qu'il y avait lieu de refaire une série de mesures en opérant, non plus entre 0° et 100° comme le permettait l'appareil de Fizeau, mais en prenant un intervalle de température beaucoup plus grand.

Dans une seconde série (1), on a employé un mode opératoire différent. On a opéré par comparaison avec la porcelaine dure, dont la dilatation reste comprise entre 400×10^{-8} et 500×10^{-8}. Des baguettes plates ayant, après cuisson, 11^{cm} à 12^{cm} de longueur sur 1^{cm} de largeur ont été cuites au préalable. On plaçait une de ces baguettes sur une pièce de porcelaine dure formant support; la baguette à étudier reposait sur une encoche formant butoir invariable. Entre les deux autres extrémités libres des baguettes on plaçait un miroir de silice fondue au four électrique. Quand les dilatations étaient inégales, le miroir s'inclinait dans un sens variable avec le sens de la dilatation.

Le système était placé dans un tube de porcelaine, chauffé dans un four à gaz (four Mermet). Un point lumineux, lancé par une source fixe et reçu sur une règle divisée, permettait de suivre le déplacement du miroir et par suite de suivre la dilatation et de la mesurer. Avec ce dispositif il a été possible d'opérer à des températures à peu près comparables à celles qui règnent dans les fours utilisés en céramique.

Nous nous bornerons à reproduire les conclusions du mémoire original, conclusions qui présentent un réel intérêt.

Considérons d'abord des pâtes non vitrifiées (cuites à 1000°). Le quartz augmente la dilatation, le silex a une action encore plus énergique, mais il faut remarquer de suite que la dilatation est naturellement moins grande que celle du quartz ou du silex.

---

(1) Coupeau, *Bull. Soc. Enc.*, 1898, p. 1274.

Une partie de la dilatation va se faire aux dépens de la porosité qui doit diminuer.

Si l'on opère avec un sable siliceux riche en alcalis comme le sable de Decize, la dilatation décroît régulièrement à mesure de l'élévation de la température de cuisson. Son quartz, sous l'influence des matières fusibles, se transforme en silice amorphe.

Ce qui semble présenter une réelle importance pratique c'est que le sable quartzeux peut, dans certaines conditions, éprouver la même transformation que la calcédoine calcinée et occasionner ainsi des accroissements énormes de dilatation avec l'anomalie qui a lieu à 200°. Cette transformation se produirait d'autant plus facilement que le quartz est plus fin et la température plus élevée, au moins tant qu'on ne dépasse pas 1370°. Mais cette variété de silice n'est pas stable non plus et tend à son tour à se transformer en silice amorphe, d'autant plus complètement que la température est plus élevée, que les fondants sont plus abondants et la finesse du sable plus grande.

Le sable quartzeux additionné de 3 pour 100 de chaux se transforme à 1600° en silice amorphe; le sable de Decize, sable alcalin, commence à éprouver cette transformation dès 1200°.

Enfin le sable très fin, mêlé à de l'argile relativement très pure, après avoir pris une dilatation énorme à 1270°, recommence à présenter une dilatation moindre par la cuisson à 1370°.

Il découle de là que la présence de sable quartzeux dans les pâtes céramiques peut amener de sérieux mécomptes. La cuisson des faïences fines se trouve dans la période correspondant à l'état variable de la silice quartzeuse, on comprend donc toutes les complications qui peuvent résulter de son introduction.

Avec les pâtes vitrifiées une remarque intéressante est à faire, c'est que la dilatation diminue avec la température; ainsi la pegmatite, employée pour faire la couverte de la porcelaine dure, a une dilatation supérieure à celle de cette pâte à 1270°. Vers 1370° les deux dilatations sont presque semblables, aussi cette matière, qui tressaille quand on l'applique sur la porcelaine nouvelle de Sèvres cuite à 1270°, se comporte normalement sur la porcelaine dure de Sèvres cuite à 1370°.

En résumé :

1° Le quartz augmente le coefficient de dilatation d'autant plus qu'il est plus finement broyé;

2° Le feldspath, et en général les matières vitrescibles, le diminuent;

3° Le coefficient de dilatation augmente, pour les *pâtes non vitrifiables,* avec la température de cuisson;

4° Les argiles, suivant leur composition, augmentent ou diminuent le coefficient de dilatation;

5° Le coefficient de dilatation décroît, dans les *pâtes vitrifiables,* quand la température de cuisson s'élève.

CHAPITRE X.

TERRES CUITES.

On appelle *terre cuite* le résultat de la déshydratation des argiles. Il reste, après une chauffe suffisante, une matière dure, plus ou moins colorée, dont la structure est poreuse. La porosité et la dureté des terres cuites sont très variables; dans les alcarazas et les gargoulettes on a porté cette porosité à l'excès mais la masse est tendre; dans les briques dures, la porosité est beaucoup plus faible que précédemment et la dureté s'est accrue au point que la masse fait feu au briquet.

Les terres cuites ont de nombreux usages : elles sont employées en quantité considérable dans la construction sous forme de briques, tuiles et poteries de bâtiment. La poterie de terre cuite fait également l'objet d'une certaine fabrication.

I. — BRIQUES.

Ce sont des pierres artificielles destinées à suppléer la pierre naturelle dans les constructions.

La brique doit, suivant le genre de construction, être douée de propriétés différentes et façonnée de formes diverses.

Les briques auront à présenter une résistance suffisante pour résister au transport et à la pression; on leur demande aussi d'être régulières et sans déchirures.

Pour la construction courante leur poids ne peut pas être trop élevé. Il faut que la brique puisse se tailler nettement, ce qui ne saura s'obtenir qu'avecune texture homogène et résistante,

car une masse hétérogène a nécessairement des régions de moindre solidité où les fractures se produisent plus facilement, empêchant ainsi de déterminer une section nette à une place choisie d'avance. Les briques qui ne sont pas façonnables ainsi sont faites avec une terre insuffisamment préparée, elles seront de courte durée; c'est une marque infaillible pour les constructeurs.

La chaleur et le froid désagrègent les briques de mauvaise qualité et les font se fendre. Une bonne brique est poreuse, sans excès; cette propriété lui permet de prendre le mortier qui sert à la réunion des briques. La couleur et la forme des briques doivent être régulières; il faut des contours à arêtes vives.

Pour les différents buts que l'on se propose on emploie des briques de propriétés diverses, mais, en général, elles répondent aux conditions que nous venons d'énumérer quand elles sont de bonne qualité.

Les briques ont, le plus souvent, la forme de parallélépipèdes dont la largeur est la moitié de la longueur plus la moitié d'un joint; l'épaisseur est environ la moitié de la largeur. La largeur, pour que l'on puisse saisir la brique avec la main, ne dépasse pas $14^{cm},5$; l'épaisseur est comprise entre 5^{cm} et 8^{cm} et la longueur est d'au plus 30^{cm}.

Nous ne parlons pas ici des briques de forme spéciale.

Les briques françaises les plus employées ont pour dimensions :

Paris (Vaugirard) ..	$22 \times 11 \times 6$	à	$23 \times 11 \times 7$
Bourgogne.........	$22 \times 11 \times 5,5$		
Marseille	$21,5 \times 10,5 \times 5$	à	$21,5 \times 10,5 \times 7$
Nord..............	$22 \times 10,5 \times 6$		
Union céramique ...	$22 \times 10,5 \times 5,5$		

avec un poids moyen de $2^{kg},500$.

A l'étranger les dimensions s'écartent un peu des nôtres; les briques de Scandinavie sont les plus grandes avec $30 \times 14,5 \times 7,5$ et les briques belges Derdeling ont les moindres dimensions $15 \times 7,3 \times 3,8$.

Voici les principaux formats utilisés :

Allemagne (format normal)	25	× 12	× 6,5
Autriche	29	× 14	× 6,5
	30	× 14,5	× 7
Belgique (format moyen)	19	× 9	× 5
Danemark	22	× 10,5	× 5,2
Angleterre (sud)	25,4	× 12,4	× 7,6
» (Staffordshire)	25	× 12	× 6
Suède et Norvège	30	× 14,5	× 7,5
Hollande	18	× 8,6	× 5
	22	× 10,5	× 5,5
Italie	25	× 12,2	× 5
Espagne	28	× 14	× 5
Russie (grand format)	29	× 14	× 8
Suisse	25	× 12	× 6
États-Unis	20,5	× 10	× 6

Terres à briques. — Les argiles employées dans la fabrication des briques sont ferrugineuses et calcaires, elles sont peu grasses par suite de leur constitution. Elles renferment, en outre, du sable qui, les dégraissant, les rend plus faciles à travailler que les terres grasses; elles possèdent moins de retrait que ces dernières.

Aux environs de Paris, le lehm ou loess est très employé pour fabriquer les briques de qualité secondaire. Il contient beaucoup de sable (de 60 à 80 pour 100) et donne des briques de résistance moyenne à la gelée. Les briques faites avec cette matière sont assez poreuses, c'est ce qui les rend altérables par le froid, car l'eau qu'elles contiennent produit des pressions au moment de la congélation, pressions qui peuvent amener des éclatements.

Ce lehm n'est pas particulier au bassin de Paris, on le rencontre dans les terrains quaternaires sous forme de limon gris jaunâtre, composé d'une matière plastique argileuse mélangée de carbonate de calcium, de sable quartzeux quelquefois micacé, et d'un peu d'oxyde de fer.

Le limon, qui se dépose à l'embouchure des grands fleuves, est une source abondante de terre à brique.

La terre végétale jaunâtre est suffisamment argileuse pour servir à fabriquer des briques. On construit dans beaucoup de pays des maisons avec la terre du lieu. Ces briques sont, en général, de qualité inférieure, leur prix de revient est en revanche assez bas.

Quand on désire des briques solides, bien façonnées et de bonne durée, il faut conduire la fabrication avec soin et employer alors les argiles plastiques communes qui sont encore assez abondantes. La présence fréquente de craie, de rognons de pyrite et de cristaux de gypse est nuisible et il est nécessaire d'enlever le plus possible ces deux corps.

Si les fragments sont assez gros pour être enlevés à la main facilement, le triage est simple; au contraire, si les pyrites sont de petites dimensions et les cristaux de gypse ténus, l'épluchage ne peut plus guère s'effectuer et l'argile demande, pour être mise en état de servir à la préparation de la pâte, un traitement hors de proportion avec la valeur du produit.

Quand on peut extraire la terre d'avance et la laisser hiverner en plein air, la masse se bonifie et devient plus plastique. Les pyrites s'oxydent par suite de l'éclatement des blocs pendant la gelée, et l'eau de pluie, servant de véhicule, entraîne les sulfates formés. Nous avons fait déjà remarquer les avantages de cette manière de faire. Ce mode de travail, nécessitant pour un grand débit des amas d'argile considérables, n'est pas souvent suivi. La préparation des argiles à la machine a contribué beaucoup à en diminuer l'emploi.

Voici la constitution et la composition de quelques terres :

	1.	2.	3.
Matière argileuse et sable argileux	28,5	49,5	80,3
Sable fin	20	14,5	6,5
Sable moyen	8	4,0	2,8
Sable en grains	34,5	20,0	7,8
Eau totale	9,0	10,0	3,7

	1.	2.	3.	4.	5.
Sable	59,70	54,70	50,76	»	»
Silice	19,94	21,04	14,86	66,07	54,50
Alumine	10,67	10,97	10,79	12,90	16,50

	1.	2.	3.	4.	5.
Oxyde de fer.........	3,43	3,57	2,57	5,27	13,50
Carbonate de calcium..	0,48	0,54	8,34	2,60 [1]	3,37 [1]
Magnésie............	0,11	0,12	0,12	1,61	»
Alcalis...............	traces	traces	traces	»	»
Perte au rouge.......	3,62	3,78	5,20	11,55	10,60
Eau hygroscopique....	2,04	5,28	7,36	»	»

1, 2, 3 terres de Mähren à diverses profondeurs du gisement; 4 terre de Nordlingen; 5 terre de Longport.

Les briques sont très anciennes et, au début de leur fabrication, on ne les cuisait pas. Cette pratique peut se comprendre dans des pays chauds, elle ne peut être suivie dans nos régions.

Nous considérerons dans la fabrication des briques deux modes de facture : 1° la brique de campagne fabriquée en plein vent dans le pays avec la terre locale sur le gisement; 2° la brique mécanique fabriquée dans des usines fixes en grande quantité.

§ 1. — Brique de campagne.

La fabrication de la brique de campagne doit être faite surtout économiquement, elle s'opère en plein air, comme nous l'avons dit, et procède fort simplement.

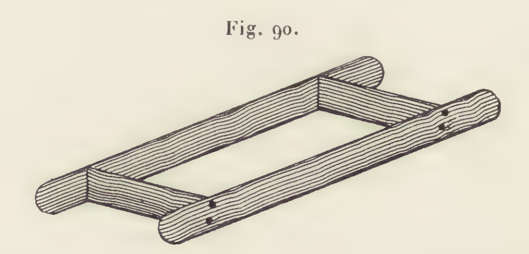
La composition de la pâte varie avec la nature de la terre. Il faut que la brique une fois moulée puisse quitter le moule sans s'arracher et sécher sans se fendiller. Il est nécessaire aussi que la masse ne soit pas trop dure afin que le travail soit facile et assez rapide. On pourra quelquefois utiliser la terre telle qu'on la trouve, d'autres fois être obligé de la dégraisser par l'addition de sable, de débris de combustibles ou d'escarbilles. Comme, dans un même gisement, il n'y a pas forcément homogénéité dans tous les points, on tirera parti des portions trop maigres pour dégraisser les portions trop grasses. On est guidé dans ces diverses manières de faire par les ressources immédiates et la nature de la contrée.

---

[1] Ces chiffres désignent la quantité de chaux à l'état d'oxyde.

La terre est mise en tas avec le dégraissant, si ce dernier est nécessaire, et le mélange se fait en ce cas en employant comme mesure de volume une brouette, par exemple. On étend les tas à la pelle sur le sol uni et l'on détrempe la couche peu à peu avec des additions d'eau en quantité modérée. Dans les installations tout à fait primitives, on marche encore la pâte avec l'aide de l'homme; dans les entreprises mieux outillées, on a recours à un petit malaxeur manœuvré par un cheval, dans lequel on jette les divers éléments de la pâte.

Fig. 90.



Le façonnage de ces briques se fait fréquemment à la main. Les moules employés sont rectangulaires et leurs quatre côtés déterminent, par leur hauteur, l'épaisseur de la brique; les moules sont quelquefois doubles et permettent alors de mouler deux briques à la fois. Ces moules sont en bois, rarement en métal; il est facile de les confectionner et de leur donner les formes et dimensions de la brique, suivant l'usage du pays et sa destination.

La figure ci-jointe donne l'idée d'un de ces instruments.

Les moules de bois ne sont pas coûteux; ils demandent un peu de soin, car, mouillés et abandonnés à une dessiccation rapide, ils se déforment et deviennent hors d'usage; aussi, pendant les interruptions du travail, les ouvriers ont-ils l'habitude de les maintenir humides au moyen de chiffons imbibés d'eau.

On doit construire les moules naturellement en tenant compte de la valeur du retrait. Ce retrait peut aller jusqu'à 10 pour 100 et plus, si la pâte est lâche.

Le mouleur opère sur une table dont la surface bien plane est recouverte de sable afin d'éviter l'adhérence de l'argile. Il sable d'abord son moule, y jette de la pâte, la serre, enlève

l'excédent à la main et, au moyen d'une planche dressée ayant la forme d'un couteau, il racle et unit la surface supérieure. Cet instrument s'appelle généralement *une plane.*

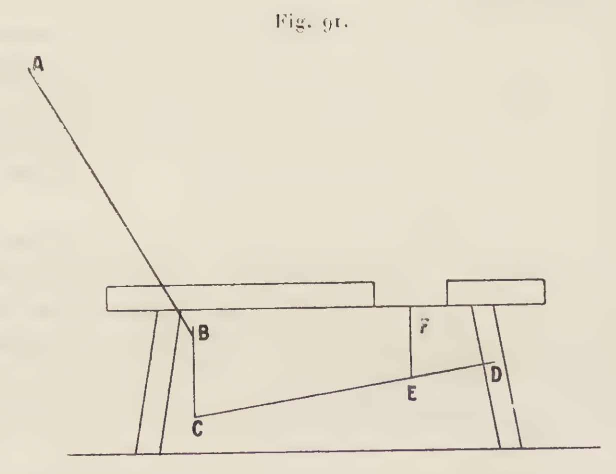
Un apprenti vient prendre le moule et la brique et transporte le tout sur une aire dressée et sablée.

Cette aire doit être bien battue et très unie, elle a une petite pente de manière à provoquer l'écoulement des eaux de pluie. C'est là que les briques façonnées vont commencer leur dessiccation. Le porteur place le moule de champ, puis fait sortir la brique en retournant le moule de manière à la placer à plat. Le mouvement nécessaire pour cette opération doit être assez régulier, sous peine de produire des déformations.

Ce procédé de moulage est très rapide et un mouleur habile, travaillant avec un moule simple, produit facilement en 10 heures 8000 à 10000 briques en moyenne, parfois même 12000.

Les briquetiers ont quelquefois recours au moulage mécanique. Pour travailler les terres sèches et pulvérulentes, ils se servent d'une presse à levier moulant deux briques à la fois.

Fig. 91.



Cette presse est constituée par un double moule de cuivre ou de bronze, encastré dans une table solide. Le fond F de ces moules est mobile et repose sur une tige, appuyant en E sur un levier inférieur CD, que l'on voit sur le dessin. La manœuvre

est très simple : on jette la terre dans les moules, puis, après avoir enlevé l'excédent de matière, on rabat le couvercle qui ferme les moules. On exerce alors la pression en abaissant le levier supérieur qui entraîne le levier inférieur et, par suite, le fond des moules. Une fois la pression donnée, on abandonne le levier que l'élasticité relève, on ramène le couvercle et, au moyen d'une pédale, on soulève le fond des moules, ce qui produit le démoulage.

Un semblable instrument produit le même travail qu'un mouleur, seulement, comme la brique a été pressée, il est inutile de la rebattre.

Quel que soit le mode de façonnage, on place les briques moulées sur l'aire, d'abord à plat, puis, quand elles ont pris un peu de consistance, de champ et on les abandonne ensuite à la dessiccation jusqu'à ce que leur raffermissement soit assez avancé pour que leur maniement ait lieu sans déformation. Quand le temps est beau, cette exposition à l'air libre dure une douzaine d'heures; avec un ciel couvert, elle peut se prolonger pendant 48 heures.

Les briques, quand elles n'ont pas été pressées, sont alors parées, c'est-à-dire ébarbées et rebattues sous toutes les faces avec une batte.

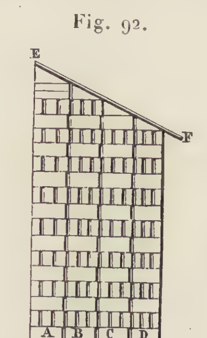
Pour terminer la dessiccation, on place les briques les unes sur les autres à claire-voie, de manière que l'air circule librement sur la plus grande surface possible.

On appelle cet échafaudage une *haie* ou *gambette*. Les haies ne sont pas placées directement au ras du sol, on fait une bande de terre surélevée de 1^m à $1^m,20$ de large sur laquelle on dispose les briques. Avec ce dispositif, on évite de faire tremper la base des piles dans l'eau en cas de pluie. On ne forme pas de suite une haie bien élevée, on dispose le tas de briques sur une surface suffisante pour que l'on n'empile pas à la fois plus de trois à quatre rangs. Une charge plus considérable écraserait les rangs inférieurs encore frais. On laisse sécher un peu, puis on continue d'élever des rangs jusqu'à ce qu'on atteigne de 16 à 18 briques. Pour protéger les haies de la pluie on les recouvre de paillassons E ou de tuiles et pour donner à cette toiture de

l'inclinaison, on diminue chaque rang d'une brique. Les haies ont au maximum 2^m de hauteur et une largeur de 4 briques en longueur.

Cette dessiccation en plein air est évidemment la plus éco-

Fig. 92.



nomique, mais, dans les climats tempérés ou froids, elle est exposée à des accidents par suite de la pluie qui vient gâter les haies.

Dans les briqueteries de campagne comme celle dont nous venons de décrire le fonctionnement, l'installation est volante et, par conséquent, il n'y a pas lieu d'installer des hangars puisque tout engin de fabrication à poste fixe doit être écarté.

La cuisson des briques ainsi façonnées ne s'opère pas dans un four particulier, elle s'effectue en formant un four avec les briques elles-mêmes; cela s'appelle *cuire à la volée ou en meules*.

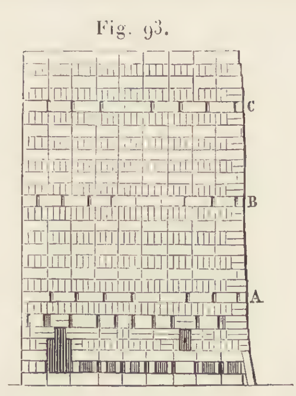
La cuisson des briques à la volée s'opère de la manière suivante :

On dispose, sur un sol bien nivelé et un peu plus élevé que le terrain environnant, pour éviter le séjour des eaux de pluie, des rangées de briques de champ en ménageant, de mètre en mètre, un espace correspondant à l'ouverture d'un foyer. Sur ces files, on place perpendiculairement d'autres briques pour former un second rang; sur ce second rang on en échafaude un troisième, puis d'autres, en ayant soin de croiser toujours les briques et de laisser pendant les premiers rangs l'ouverture commencée avec le premier rang. La figure donnera une idée de ce dispo-

sitif que l'on comprendra à la seule inspection. (Le mode d'établissement d'une meule varie beaucoup suivant les régions.)

Avant de fermer les conduits, on les remplit de bois et de copeaux pour faciliter l'allumage du combustible, puis, arrivé au sixième rang, on répand une couche de charbon maigre très

Fig. 93.



menu et l'on répète cette addition tous les trois rangs. On ne met le feu à ce four que lorsque les huit premiers rangs (jusqu'en A), qui forment ce qu'on appelle le *pied,* sont en place. On emploie comme combustible la houille ou quelquefois la tourbe. (La figure ne donne qu'une portion de la meule, limitée au premier foyer.)

Il est bon, pour diminuer l'influence des coups de vent, de recouvrir d'argile les parois du tas; on empêche ainsi l'entrée de l'air latéralement dans les interstices laissés entre les briques. On s'abrite également avec des paillassons posés verticalement devant les parois exposées au vent.

On ajoute de nouveaux rangs ou *camps* chaque jour et leur pose est déterminée par la vitesse de la combustion. Au début, on met de trois à quatre rangs; à la fin, on peut aller jusqu'à six. La vitesse de combustion se modère en diminuant la section des orifices de rentrée d'air.

On arrive à cuire, avec ce dispositif, de fort grandes quantités de briques, jusqu'à un million de briques. Ordinairement on se contente de cuire la moitié de ce nombre. Ces fours atteignent une hauteur de 7^{m} en moyenne et occupent 100^{m^2} à 200^{m^2}.

La cuisson à la volée est très employée par l'Angleterre, la Belgique, le nord de la France. Les Belges [1] se sont fait une réputation dans la conduite de cette opération qui, pour être bien menée, doit être faite par des ouvriers spéciaux. L'équipe nécessaire pour la manœuvre du fourneau comprend, suivant son importance, de 10 à 15 hommes.

On met le feu, une fois le pied du four terminé. Quand le combustible (*gaillette* le plus souvent) est bien pris, les enfourneurs commencent à placer de nouvelles briques. Ces ouvriers, à mesure que le four se construit, s'élèvent au-dessus du sol, il est donc nécessaire que des aides (*entredeux*) leur passent les briques que des manœuvres apportent sur des brouettes. Couramment l'*enfourneur*, l'entredeux et les brouetteurs, qui les desservent, forment une *main*. Une fois le camp terminé, le cuiseur répand du charbon fin sur les briques, de manière à l'étaler en nappe régulière sur toute la surface. Pour éviter le collage des briques les unes aux autres, on répand aussi un peu de sable. Ceci fait, on procède au placement d'un nouveau camp, mais à angle droit avec le premier, en opérant de même que pour le précédent. Avec un four bien en marche, on arrive à poser 6 à 8 camps par jour.

L'expérience indique la quantité de charbon à jeter. Quand on voit les briques du dernier camp jaunir c'est que le feu s'approche et par conséquent va vite. *On jette alors du combustible et dans les endroits où le feu dort on se garde bien d'en ajouter.* Pour ralentir le feu, on a encore la ressource de jeter du sable chaque matin, le dernier camp posé la veille doit laisser voir le feu. Il faut rapidement poser un nouveau camp, opération pénible dans ces conditions. Un sondage est nécessaire pour voir dans quel état est la brique placée la veille. Si l'on redoute un coup de feu on place plusieurs camps à blanc.

La cuisson à la volée doit naturellement donner les meilleurs résultats pendant le beau temps, aussi ne s'opère-t-elle que l'été; la pluie est un accident sérieux dont il est difficile de protéger le four.

---

(1) D'où le nom de *fabrication allemande* donné à ce mode d'opérer.

Ordinairement on fait le pied du four en briques déjà cuites pour avoir plus de solidité, et l'on ne place les briques crues que vers le septième rang.

Ce mode de cuisson demande une grande habitude et donne un assez grand déchet [1]; il a l'avantage de pouvoir être exécuté partout puisqu'il ne faut pas de fours, aussi est-il très répandu pour la fabrication de la brique de campagne.

Sur un tas de 500000 briques, on compte en moyenne deux camps peu cuits à 8000 briques, quatre camps au sommet dans le même état et presque autant pour les parements, en tout 80000 briques.

Les frais de cuisson (en moyenne) s'élèvent à 230^{kg}-260^{kg} par 1000 briques.

Quelquefois on protège la cuisson à la volée par une sorte de four. Dans la Somme, par exemple, on peut voir combiner la cuisson dans un four avec la cuisson à la volée. Le four adopté est formé de trois murs rectangulaires, et on le construit du côté où le vent est le plus fréquent. Ce rempart n'enveloppe pas complètement le tas de briques, il n'en couvre pas plus de la moitié.

Dans les petites briqueteries on ne cuit pas toujours à la volée, on a recours quelquefois à un four dont la construction est des plus simples. Le four se compose essentiellement d'une cuve quadrangulaire T en briques dont le fond est ajouré et forme la sole. Cette sole repose sur deux files d'arceaux *b* dans lesquelles s'effectue la combustion. Les flammes s'élèvent directement dans le four qu'elles traversent dans toute sa hauteur. On ménage au moins une porte, et souvent deux en face l'une de l'autre, pour le travail de l'enfournement et du défournement. Ces portes sont bouchées pendant la cuisson.

On enfourne le plus souvent en plaçant les briques assez serrées et en ménageant dans la masse les cheminées nécessaires au passage de la flamme. On finit le four avec des lits de briques posées de champ et chaque lit est placé perpendiculairement au précédent. On pourrait tout aussi bien faire

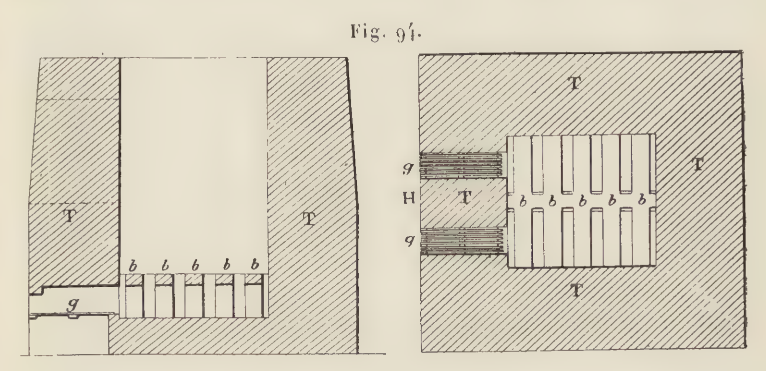
(1) Les briques des parois sont naturellement imparfaitement cuites.

tout l'enfournement de cette manière, la flamme trouvant ainsi facilement à passer entre les briques.

On peut protéger ces fours avec des couvertures en bois pendant l'enfournage, mais il faut les découvrir au moment de la mise en feu (¹).

Ce four peut être cuit au bois avec des bourrées ou des cotrets, ce qui n'est pas très cher; le prix moyen de cuisson de 1000 briques étant de 9fr. On allume le feu sur le sol lui-même dans les con-

Fig. 94.



duits et l'on fait d'abord un petit feu, puis, après la dessiccation, on procède à la cuisson au grand feu. On obtient avec un foyer semblable plus de feu à l'entrée du four qu'au fond, aussi pousse-t-on de temps en temps quelques brassées vers l'extrémité des canaux. On peut régulariser un peu la cuisson en modifiant le tirage, en fermant les portes d'entrée des foyers qui vont trop vite. Une fois la cuisson terminée on bouche toutes les ouvertures et l'on recouvre le four d'une couche de terre; on abandonne ensuite au refroidissement.

Les fours contiennent quelquefois plusieurs centaines de mille de briques, les modèles courants ne dépassent guère 150000.

On cuit aussi à la houille avec ces fours (*voir* la figure), mais alors on a soin de disposer des grilles *g* en avant des voûtes. On consomme alors 150kg par mille de briques.

(¹) Brongniart cite des fours analogues, de dimensions supérieures, employés en Hollande et possédant une toiture fixe (*Traité des Arts céramiques*, t. I, 1844, p. 352).

La tourbe est également employée comme combustible.

Ces fours sont bien imparfaits et leur manque de toiture est un gros inconvénient, car il laisse perdre de la chaleur et les expose aux intempéries. On ne peut protéger qu'insuffisamment avec l'aide d'une toiture mobile.

On trouve encore de ces appareils en France dans des briqueteries de peu d'importance.

Les fours voûtés sont d'un emploi préférable; ils sont à flamme directe ou à flamme renversée et alimentés avec du charbon. D'autres fois on se contente d'un dispositif très rudimentaire. Le four ([1]) est formé de deux murs parallèles entre lesquels on empile les briques; de place en place des trous, ménagés au ras du sol, permettent l'introduction du combustible. Pour protéger des intempéries, un toit vient recouvrir le four.

Les modèles de ces fours sont très nombreux; leur forme varie avec les pays. Dans quelques-uns on a adopté une disposition permettant de cuire à la fois de la chaux et des briques ([2]). La substruction du four (les arceaux du foyer) est faite alors en pierre calcaire. Nous renvoyons aux vieux Ouvrages pour leur description, le nombre de ces fours allant en diminuant.

§ 2. — Briques de l'industrie.

A. — *Façonnage en pâte humide.*

Au voisinage d'un centre important de consommation on peut établir une briqueterie fixe si l'argile est proche. Il est possible aussi de s'installer à poste définitif quand la terre que l'on se propose d'employer a des qualités suffisantes pour que la brique que l'on fabrique ait une valeur lui permettant de supporter des frais de transport.

Certaines fabriques importantes qui produisent annuellement des millions de briques emploient encore le façonnage à la

---

([1]) Dümmler, *Ziegelfabrikation*, p. 324.

([2]) Brongniart, *Traité des Arts céramiques*, 1844, Atlas, *Pl. XV*, *fig.* 1, et Salvetat, *Technologie céramique*, p. 307, *fig.* 416 et 417.

main. Plus élevé comme prix de revient que le façonnage mécanique, il donne de belles pièces bien faites; aussi beaucoup de briques recherchées pour leur belle qualité, et dont le prix est établi en conséquence, sont-elles encore moulées à la main. Nous avons déjà décrit le mode opératoire, nous n'y reviendrons pas.

On a cherché, il y a fort longtemps, à remplacer la main de l'homme par la machine dans le moulage des briques.

Les premières machines à briques imitaient le travail de l'ouvrier; un ou plusieurs moules venaient passer sous une trémie qui les remplissait de terre et se vidaient plus loin automatiquement.

Ces machines ont été perfectionnées, on a modifié le mécanisme de manière à leur faire donner après le remplissage du moule une forte pression et, maintenant, on travaille à la machine des pâtes de plus en plus dures jusqu'à la pâte sèche.

D'autres machines fondées sur un principe différent sont aussi très employées. La pâte est pressée et forcée de sortir par un orifice dont la section est rectangulaire; elle donne un parallélépipède ayant pour section la surface la plus large de la brique. On coupe alors dans ce bloc des tranches dont l'épaisseur constitue celle de la brique. La pâte utilisée ici est moins dure que dans les machines précédentes et la brique est moins serrée, aussi la represse-t-on.

Préparation de la pâte. — La terre à brique qui ne contient ni pierres, ni grosses pyrites est employée tout de suite après malaxage. On la jette directement dans un malaxeur, quand elle a naturellement l'humidité voulue et l'on ajoute le dégraissant, si ce dernier est nécessaire. Le mélange et le travail d'homogénisation se font pendant la rotation et à la sortie de l'appareil on reçoit des pains de pâte prêts à introduire dans la machine.

Avec des argiles dures l'opération est plus compliquée; on commence d'abord par diviser la matière. La division de l'argile se fait au moyen d'une tailleuse, ou de meules et de cy-

lindres, si elle est complètement sèche. On emploie aussi des granulateurs pour réduire en fragments les argiles sèches.

Si les argiles que l'on traite sont grasses leur imbibition par l'eau sera très lente, il sera nécessaire de les laisser en contact avec l'eau pendant un certain temps.

On jette alors dans une fosse l'argile divisée et on la laisse au contact de l'eau pendant au moins 24 heures. Si l'on a déterminé la quantité d'eau que nécessite la consistance désirée il n'y a plus qu'à jeter l'argile humide et le dégraissant dans le malaxeur. Au contraire, avec un excès d'eau, il faut décanter le liquide surnageant et laisser égoutter la masse jusqu'à ce qu'elle ait la mollesse voulue.

Quelquefois on détrempe l'argile, mêlée aux dégraissants; d'autres fois on ajoute seulement ces matières au moment de malaxer; il n'y a rien d'absolu dans la manière de procéder.

Les argiles maigres sont plus faciles à mouiller que les argiles grasses et l'on peut les imprégner d'eau par simple arrosement; par opposition à l'opération précédente nous appellerons cette opération *humectage*.

On peut humecter les argiles mécaniquement. Par l'emploi de la machine on opère plus rapidement et l'on fait en même temps un mélange plus complet de l'argile avec l'eau. Les humecteurs se composent d'une auge en fonte ou tôle, traversée par un arbre muni de palettes. Un tuyau disposé au-dessus de l'auge amène l'eau que l'on fait tomber pendant que la rotation de l'arbre mêle le liquide et l'argile. On dispose souvent ces palettes en hélice de manière à faire cheminer l'argile dans toute la longueur de l'auge et à permettre son refoulement vers un orifice de sortie, placé à l'extrémité.

Dans ces appareils l'argile ne subit qu'un traitement incomplet. Les malaxeurs terminent ce travail. Pour les matières molles comme celles qui servent à la fabrication des briques on emploie surtout des malaxeurs ayant leur arbre d'hélice disposé verticalement (*voir* p. 153, *fig.* 35).

Ce mode opératoire, que l'on pourrait appeler *voie humide* en adoptant la phraséologie allemande, n'est pas le seul utilisé. Dans certains cas, on préfère sécher l'argile en utilisant la cha-

leur perdue et préparer la pâte en partant d'une matière sèche. Cette dernière est alors brisée au concasseur, si cela est nécessaire, et passée à la meule. On utilise pour ce travail des meules en fonte roulant sur une aire perforée, le plus souvent. C'est cette terre en poudre que l'on porte au malaxeur, après addition d'eau et de dégraissant.

Le travail des terres demande plus ou moins de préparation suivant la nature de l'argile. On peut associer à la machine à briques proprement dite une paire de cylindres qui lamine la pâte et continue l'action du malaxeur. Il est même parfois nécessaire de faire plusieurs cylindrages. Ainsi j'ai vu employer le dispositif suivant : la pâte venant du malaxeur arrivait à l'étage supérieur au moyen d'un monte-charges, puis elle était laminée dans un jeu de cylindres qui l'amenait au rez-de-chaussée; on la plaçait alors dans un second monte-charges qui l'élevait encore une fois au premier étage d'où l'on introduisait alors la pâte ainsi laminée dans la machine à briques.

Façonnage à la filière. — Les machines employées pour ce genre de fabrication se composent d'un appareil propulseur poussant la pâte dans une chambre percée d'un orifice qui constitue la filière. Pour les briques pleines on se sert des filières simples.

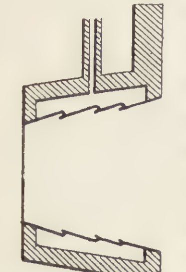
La filière se compose d'une plaque de métal percée d'une ouverture quadrangulaire ayant comme surface celle de la brique (longueur × largeur).

Cette plaque est maintenue à l'orifice de sortie soit par des boulons, soit encore par des pièces à charnières que l'on rabat (c'est ce dispositif qui est adopté sur la machine à briques figurée la première). Ce genre de filières est le plus simple. Le glissement de la pâte dans l'ouverture est contrarié par le frottement; il est à remarquer qu'aux angles la résistance à vaincre est double puisque la pâte est en contact avec deux parties métalliques, alors qu'au milieu elle ne touche qu'une seule portion de la filière. Pour éviter un cintrage de la masse résultant d'un retard à la sortie dans les angles de la filière, certains construc-

Fig. 95.

teurs ont proposé de munir la filière de joues, placées dans les milieux des côtés et apportant un supplément de frottement corrigeant les frottements plus grands aux angles. Une autre solution consiste à mouiller suffisamment la pâte pour faciliter sa sortie. Dans ce but, la filière est montée comme nous l'indiquons (*fig.* 96).

Fig. 96.



De l'eau fournie par un réservoir supérieur arrive par le tube vertical de la filière et vient se répandre dans l'espace resté libre entre la caisse et un système de lames à recouvrement. L'eau vient suinter entre ces lames et lubrifier le pain de pâte qui sort ainsi facilement. Dans certains modèles, on tire parti de la porosité d'une peau en contact avec l'eau pour produire l'humidification. Le prisme, avant de sortir de la filière, traverse une boîte dont les parois sont formées par une peau laissant transsuder l'humidité. Les filières hydrauliques sont utilisées dans de très nombreuses machines. Ces indications suffiront à donner une idée de la variété des solutions employées.

La machine à filière permet de fabriquer facilement toutes sortes de briques différant du type primitif; il suffit de choisir pour cela une filière appropriée.

Les propulseurs employés appartiennent à différents systèmes.

Le propulseur à piston étant intermittent se rencontre peu; on lui préfère les propulseurs à palettes ou à hélice que l'on dispose de manière à pouvoir servir de malaxeurs. Une paire de cylindres constitue aussi un bon propulseur pour pousser la pâte sur la filière.

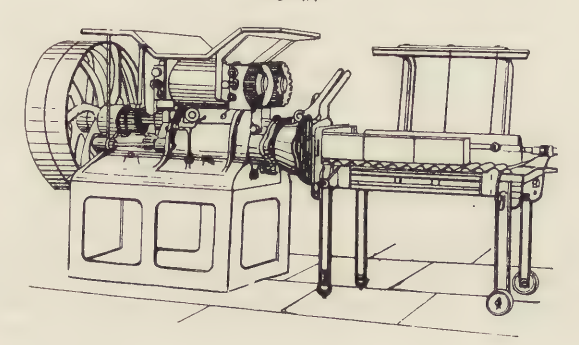
On a cherché à simplifier le façonnage en groupant, sur une même machine, laminoirs, propulseur et malaxeur. On n'a plus qu'à jeter dans une auge le mélange humide des éléments de la pâte et l'on recueille à la sortie de l'instrument un prisme de pâte homogène et façonnée.

Dans la machine ici représentée la pâte est d'abord prise entre deux cylindres (une paire de cylindres suffit dans le cas où la terre contient peu ou pas de pierres) resserrés, où les

fragments durs sont pulvérisés, et tombe dans une auge et là une hélice, servant à la fois de malaxeur et de propulseur, finit d'homogénéiser la pâte et la pousse dans la filière.

Voici comment sont construites ces machines : un malaxeur


Fig. 97.



horizontal, formant la pièce principale, pousse la terre dans la filière. Ce malaxeur est traversé par un axe en acier muni de lames d'hélice. A la partie postérieure se trouve la caisse d'alimentation dans laquelle arrive l'argile, entraînée par les cylindres; à la partie antérieure on voit la caisse qui supporte la filière et dans laquelle est refoulée la terre. On forme ces diverses parties de pièces interchangeables faciles à démonter. L'arbre d'hélice repose derrière la dernière lame d'hélice dans un long collier, puis il se continue par les roues d'engrenage, son extrémité repose sur un autre collier et se termine par un pivot butant dans une crapaudine, maintenu par une traverse boulonnée au corps de la machine. On réalise ainsi un supportage rigide de l'arbre.

Sur la caisse de pression est fixé un réservoir à eau qui maintient humide la filière pendant le travail quand on se sert d'une filière hydraulique.

Le fonctionnement de semblables machines exige un homme pour alimenter l'appareil, un second ouvrier pour manœuvrer l'appareil coupeur et un ou deux manœuvres pour débarrasser le découpeur des briques.

Pour façonner de grosses pièces à la filière on emploie la même machine, mais alors on soutient l'arbre par ses deux extrémités. Avec cette construction, il faut placer la filière latéralement. Ainsi construite la machine à filière a plus de résistance que le modèle précédent, puisque son arbre propulseur a un point d'appui à ses deux extrémités, mais il exige un peu plus de force pour son fonctionnement. Une semblable machine n'est pas indispensable pour la fabrication des briques ordinaires; elle est nécessaire si l'on veut adapter d'autres filières, pour fabriquer des carreaux par exemple.

Une machine à filière ordinaire fournit à l'heure depuis 500 jusqu'à 2000 briques, elle consomme de 3^{chx} à 18^{chx}.

Dans certaines machines, on a cherché à produire un plus grand débit; on a alors accouplé deux filières, placées quelquefois latéralement, d'autres fois disposées aux deux extrémités d'un propulseur. Le dispositif varie avec la nature de ce dernier instrument.

Les dispositifs donnés aux machines à briques sont très variables. Dans la première machine que nous avons figurée, la propulsion a lieu par le moyen d'une hélice; dans la seconde, par une paire de cylindres. Quelquefois la presse à filière est complétée par un malaxeur convenablement réglé qui vient verser dans la machine la pâte travaillée. Certains modèles, destinés à l'emploi de terres demandant une préparation plus soignée, sont munis de deux paires de cylindres superposés au-dessus de la caisse d'alimentation de la presse. Nous jugeons inutile de reproduire tous ces nombreux types; nous nous bornons à donner seulement un aperçu de la variété que l'on peut apporter dans leur construction.

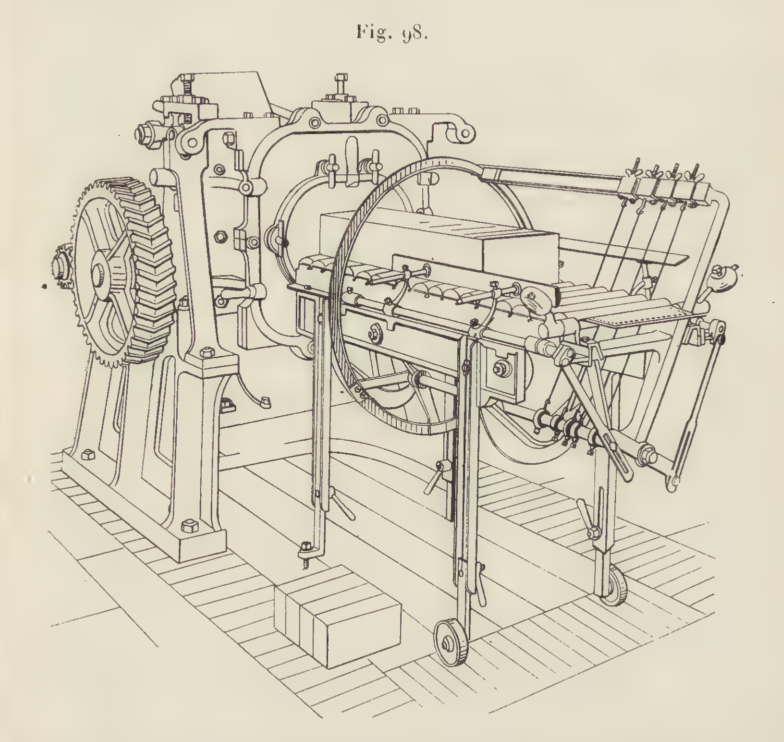
Pour compléter une machine à filière, il faut un appareil coupeur qui débite le prisme de pâte en tranches d'épaisseur égale à celle de la brique. Nous avons déjà dit quelques mots de cette opération, mais il est utile d'y revenir. Voici comment s'opère le découpage.

Pour faciliter le glissement de la masse, ne pas la déformer et ne pas l'arracher pendant son trajet hors de la filière, on reçoit la pâte sur une table dont la surface est constituée par une série

de rouleaux de plâtre enfilés sur des tringles perpendiculaires à l'axe de la filière et autour desquelles ils peuvent tourner. Pour découper les briques, on rabat alors sur la pâte un cadre, garni de fils tendus, mobile autour d'une charnière parallèle à l'axe de la filière. Les fils tranchent le bloc et leur écartement détermine la dimension des morceaux.

Quand, ce qui est le cas général, le débit de la machine est

Fig. 98.



continu, l'appareil coupeur est porté sur des roulettes qui lui permettent de se déplacer sur le sol. Pour découper on commence par amener le système contre la filière, puis on laisse la pâte s'avancer jusqu'à l'extrémité du chariot. A ce moment, l'ouvrier chargé de la manœuvre lâche le chariot et rabaisse le cadre. Dans son mouvement le cadre relève un butoir qui empêche la pâte de sortir du chariot; ce dernier se déplace alors sur ses roues en même temps que la pâte. Une fois rabattu, le

cadre a traversé complètement la masse; il n'y a plus qu'à enlever les briques et à ramener en avant le chariot après relèvement du cadre. La machine à briques que nous représentons est dessinée de manière que l'on puisse se rendre compte tout particulièrement de la construction de son appareil coupeur.

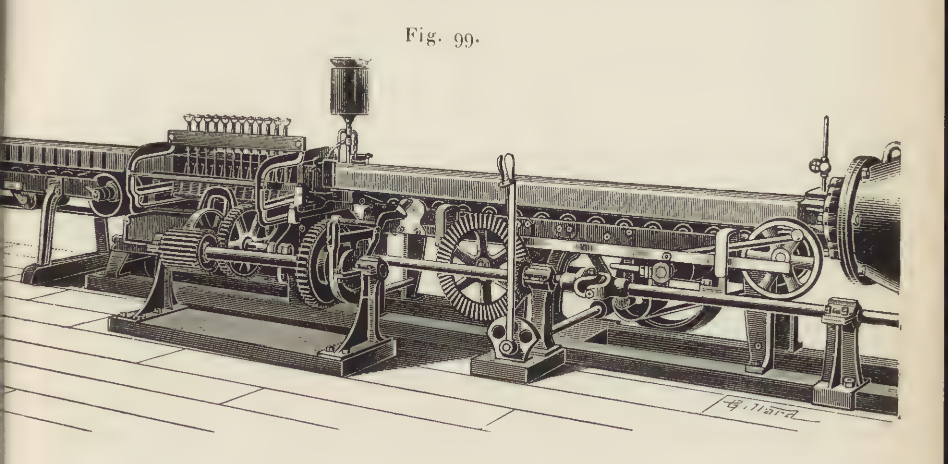
On peut varier beaucoup le dispositif de ces appareils et la manière de découper les briques. Ainsi, dans certaines usines où l'on fait de petites briques, on opère avec une grande filière; seulement à la sortie se trouve un équipage fixe de fils tendus qui divise déjà la masse dans le sens de la longueur, il ne reste plus qu'à rabattre le cadre pour avoir la séparation complète. Quelques appareils coupeurs, au lieu d'attaquer la pâte sous un certain angle comme l'appareil que nous avons décrit, agissent perpendiculairement. Dans d'autres enfin, les fils sont fixes et disposés sur le côté; la pâte est reçue sur une tablette mobile qui, une fois chargée de pâte, est déplacée latéralement. Les briques sont alors découpées et l'on n'a plus qu'à enlever la planchette après l'avoir débarrassée des deux extrémités du bloc de pâte qui n'ont pu être coupées à la dimension.

On a proposé divers dispositifs pour découper les briques automatiquement; peu employés encore, il est difficile actuellement de se faire une idée exacte de leur valeur. Il est certain que le rendement doit être accéléré, mais le découpage n'en souffre-t-il pas? C'est ce qu'il est encore malaisé de savoir.

Comme type de découpeur automatique voici un appareil qui fonctionnait à l'Exposition universelle de 1900. Il était exposé par l'*American Clay-Working Machinery C°*, de Bucyrus (E. U.). Le prisme de pâte sortant de la filière vient glisser entre deux cylindres verticaux qui le guident. Le mécanisme coupeur comprend douze fils tendus maintenus par un cadre mobile. Automatiquement le cadre s'approche et les fils traversent la pâte découpant les briques. La pâte continue son chemin, pousse les briques qui tombent sur une toile sans fin se déplaçant avec une vitesse supérieure à la vitesse de sortie du prisme de pâte; il résulte de cette combinaison que les briques s'espacent pendant leur entraînement par la toile sans fin. Quand la dernière brique est sortie de l'appareil coupeur, une longueur de pâte suffisante

pour le découpage est engagée dans le découpeur. A ce moment le cadre mobile retraverse la pâte et découpe à nouveau des

Fig. 99.



briques. Le même mouvement recommence tant que l'appareil est en fonction.

Un appareil coupeur automatique peut débiter de 2000 à 10000 briques à l'heure.

De semblables instruments ne sont utilisables que dans des usines ayant une énorme production.

Façonnage à la presse. — La machine que nous avons décrite à propos des briques de campagne appartient à ce groupe de machines.

Les machines à pâte molle sont à mouvement continu et donnent leur pression au moyen de cames ou d'excentriques, qui déterminent à chaque tour de l'arbre moteur un certain nombre de rapprochements de pièces et, par suite, de pressées.

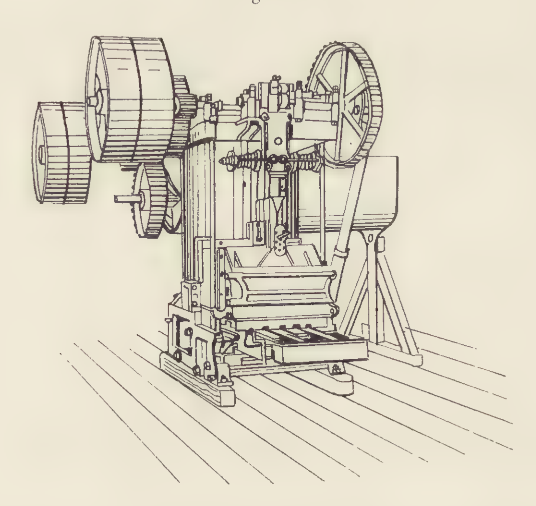
Les appareils à grand débit utilisent plusieurs moules que la machine remplit automatiquement. Ces moules peuvent être disposés par série sur un bâti commun.

Le rôle du mécanisme se borne à manœuvrer une seule pièce de grande dimension, à l'emplir de pâte, à la pousser sous la presse et à la chasser dehors après la compression. La machine fonctionne alors avec des moules mobiles. D'autres

machines ont des moules fixes et la pression se donne par le fond; le mouvement des fonds est alors utilisé pour le démoulage.

On comprendra parfaitement que la pression à donner est variable avec la nature de la pâte et que, par suite, la consommation de force s'élève avec la fermeté de la masse. Une machine du type que nous venons de décrire, avec une pâte molle ne

Fig. 100.



donnant que des produits communs, peut fournir 2000 à 3000 briques à l'heure.

La machine représentée est construite pour le façonnage par pressée. La terre jetée dans la partie supérieure de la presse subit le malaxage, puis est poussée dans les moules et enfin pressée. A la sortie du malaxeur se trouve une boîte dont la partie supérieure est mobile et sert de piston pour la pressée. Par une ouverture latérale on introduit un moule à cinq places que la machine remplit automatiquement. Une fois le moule garni, la machine effectue la pressée, puis chasse en avant le moule garni de ses cinq briques façonnées. On compte avec cette machine une production de 1500 à 4000 briques à l'heure. Elle n'exige qu'une garniture de moules suffisante.

Consistance des pâtes. — On peut naturellement, suivant la quantité d'eau introduite dans la masse argileuse, obtenir des pâtes plus ou moins consistantes.

La pâte dite *molle* est la plus riche en eau (elle renferme 40 pour 100 d'eau au maximum). Les produits fabriqués avec cette matière peu résistante sont homogènes; les particules sont bien soudées. En revanche la masse est très collante et prend mal les détails du moule (et dans le cas présent nécessite un repressage pour l'obtention d'arêtes vives). Le séchage est long. La fabrication est forcément lente.

La pâte *ferme* ou *demi-dure* renferme moitié moins d'eau en moyenne. La masse est plus dure à travailler, aussi est-il nécessaire de faire un malaxage très soigné. La machine à briques (*fig*. 96) construite par M. Joly est conçue pour le façonnage avec ces pâtes; elle donne avec 8 à 10 chevaux de 1500 à 2000 briques à l'heure, desservie par cinq ouvriers : deux manœuvres pour charger la terre dans la trémie, un ouvrier au découpeur et deux porteurs pour enlever les briques et les porter aux séchoirs.

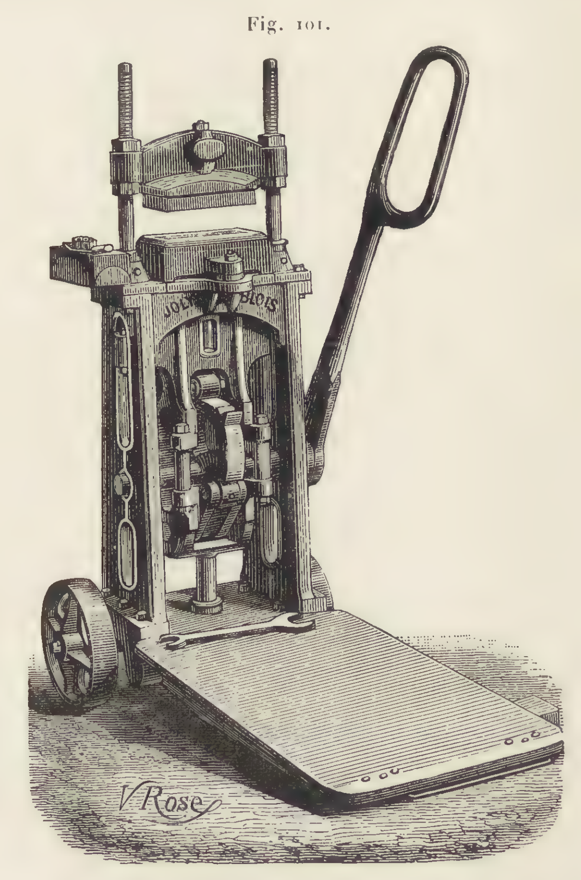
Le travail en pâte ferme a comme infériorité d'exiger des machines plus fortes que le procédé précédent. (Pour faire 1500 briques à l'heure on ne consommerait que 4 à 6 chevaux en employant une pâte molle.) Le malaxeur agit sur une masse plus consistante, aussi la préparation exige-t-elle plus d'efforts; on laminera la pâte plus énergiquement. Par contre la terre épouse mieux les détails, la durée du séchage est moindre et la production est augmentée par suite de la réduction du séjour dans les hangars et séchoirs.

La pâte *dure* ne contient plus en humidité que 10 pour 100 en nombre rond. La pâte est beaucoup plus difficile à traiter que précédemment, car elle exige pour son façonnage des appareils propulseurs puissants. On a eu recours, dans certaines machines, à des pistons pour chasser la pâte à travers la filière, les hélices étant insuffisantes. La préparation des matériaux demande un traitement par une série de cylindres. Le malaxage devient très difficile et consomme une force considérable. Le feuilletage, qui se produit facilement quand une pâte traverse une filière, s'accentue avec une pâte dure.

Les différences entre les trois procédés de fabrication se réduisent à la difficulté plus ou moins grande du malaxage et à la production plus ou moins abondante du feuilletage.

Repressage. — Les briques qui sortent d'une presse à filière n'ont pas les arêtes vives et les surfaces lisses que l'on demande à une brique de bonne qualité. Quand, après un commencement de raffermissement (ressuyage), les briques ont pris la consis-

Fig. 101.



tance du cuir on les represse; pour ce travail on se sert d'une machine spéciale dite *rebatteuse*.

La presse rebatteuse est formée de deux blocs de métal

placés l'un au-dessus de l'autre ([1]) et maintenus par un cadre solide. L'ensemble est mobile et glisse sur deux guides verticaux. Entre le chapeau et la poitrine se trouve un plateau. Les constructeurs fixent souvent le plateau porte-moule et donnent le mouvement au bloc supérieur qui vient écraser la brique; on trouve aussi des rebatteuses qui présentent la disposition contraire, et c'est le plateau inférieur qui reçoit le mouvement, le plateau supérieur restant fixe.

L'équipage de la poitrine et du chapeau est maintenu en place par des galets enfilés sur un arbre mû par un levier; en abaissant celui-ci le chapeau et la poitrine descendent et la brique se trouve serrée entre le fond du moule et le couvercle qu'appuie le chapeau. Le fond de ce moule s'appuie sur une table de fonte et une tige inférieure traversant cette table vient buter sur la poitrine. Ce fond descend donc quand la poitrine s'abaisse. La relève du levier produira le mouvement inverse et la remonte de la poitrine soulèvera la tige fixée au fond du moule, amenant ainsi le démoulage.

Toutes les machines destinées à represser les briques appartiennent à ce type avec quelques différences de détails apportées par les constructeurs. On peut les manœuvrer à bras d'hommes ou au moyen d'un moteur. Elles repressent jusqu'à 350 briques à l'heure en employant un ouvrier et deux manœuvres.

Le rebattage à la machine donne aux briques de la qualité, leur aspect s'améliore, car leur forme devient nette et leur face plus lisse. Cette opération est indispensable toutes les fois que les briques ont à la sortie de la machine une forme mal arrêtée et une texture trop lâche. L'avantage de la pressée avec des matières peu humides est de supprimer ce rebattage.

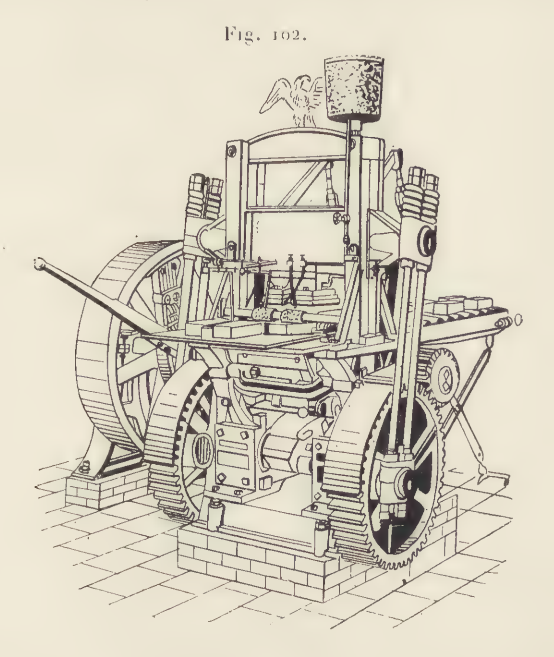
Quand la production est très grande la presse rebatteuse que nous venons de décrire est insuffisante. Au lieu de les multiplier, il y a avantage à se servir d'appareils à débit plus élevé. La presse ci-contre est mue par un moteur et peut fournir jusqu'à 2500 briques à l'heure. Les briques sont amenées par une toile sans fin, puis prises par la machine et poussées dans les

---

([1]) On les appelle souvent le *chapeau* et la *poitrine*.

moules. Le démoulage s'opère automatiquement; les briques sont chassées en avant et c'est pendant ce mouvement que s'effectue la mise en place de deux nouvelles briques.

Fig. 102.



Séchage. — Les briques qui viennent d'être façonnées ne sont pas en état de subir la cuisson; une dessiccation est nécessaire pour débarrasser la pâte de la plus grande partie de son eau.

Les briqueteries de campagne ne fonctionnent que pendant la belle saison. La pluie contrarie leur fabrication et peut même compromettre la réussite. Dans les fabriques on doit se rendre, autant que possible, indépendant du mauvais temps.

Les briques sont placées dans des séchoirs abrités, formés par des supports placés sous des hallettes dans lesquelles l'air peut circuler. Pour accélérer le départ de l'eau et obtenir une dessiccation plus rapide on a eu recours à l'air chaud pour activer la volatilisation de l'eau. On a songé à utiliser le rayonnement du four pour chauffer le séchoir; aussi a-t-on disposé dans beaucoup de fabriques le séchoir au-dessus du four. On établit une série d'étages qui reçoivent les briques. Le four qui est toujours

chaud ne peut pas fournir à l'air ambiant une très grande quantité de chaleur, mais il produit un échauffement qui ne coûte rien. Les parties des fours continus qui viennent d'être défournées sont encore suffisamment chaudes, aussi les utilise-t-on pour chauffer l'air du séchoir. On débouche les trous de chauffe par où l'on jette le combustible, l'air entre alors par les portes, s'élève, sort par ces orifices et vient gagner le haut du séchoir.

La manœuvre des briques dans les séchoirs, ainsi disposés sur les fours, oblige à une dépense de main-d'œuvre qui n'est pas négligeable, comme nous l'avons fait déjà remarquer.

Au lieu de laisser l'air échauffé par le four effectuer la dessiccation sans direction, on a pensé qu'il y aurait peut-être avantage à aspirer cet air, qui avoisine le four et s'est échauffé à son contact, et à lui faire parcourir des séchoirs. Une très grande variété de dispositifs ont été proposés (Ohle, Cohrs, Holzmann, Hotop, etc.) par de nombreux inventeurs. Le dernier d'entre eux organise ainsi son séchoir : deux séries d'étagères aménagées pour recevoir les briques s'alignent des deux côtés du four. Un mur protège contre l'air extérieur; une cloison en bois, munie de portes, sépare le séchoir du four. Le plafond qui recouvre les étagères et le sol sur lequel elles reposent sont munis d'ouvertures que l'on peut ouvrir ou fermer. Un ventilateur puise l'air près du four et le chasse dans le séchoir.

Dans le séchoir de Fouché, on utilise le passage d'une grande quantité d'air sur les produits humides. On dispose ce séchoir, formé d'un tunnel que traversent les produits, au voisinage d'un four de manière à pouvoir puiser de l'air plus chaud que l'air ambiant. Un bon dispositif consiste à le placer sur un plancher reliant deux fours Simon parallèles. On règle l'appareil en surveillant un psychromètre placé à l'entrée et un thermomètre disposé à la sortie. Suivant l'écart de température observé, on a une évaporation plus ou moins active. On la ralentit, si besoin est, par introduction d'air froid.

Pour augmenter la dessiccation il faut recourir à l'emploi de l'air chaud et munir les séchoirs de calorifères ou de tubes traversés par de la vapeur. On élève ainsi la température de l'air et l'on active l'évaporation.

Aux États-Unis principalement on emploie des séchoirs construits sur un principe analogue. Les briques à sécher, disposées sur des wagonnets, traversent une sorte de tunnel parcouru par un vif courant d'air venant en sens inverse de la marche des wagons.

Suivant les conditions climatériques l'air envoyé est l'air du dehors ou bien de l'air chaud. La dessiccation s'effectue d'une manière continue, un wagon à sécher venant prendre la place d'un wagon sec.

On ne peut pas sécher toutes les briques indifféremment par un quelconque de ces procédés et quelquefois ce sont les propriétés de la matière première qui déterminent les conditions du travail.

Parmi les diverses solutions données à la question nous choisirons une des dernières et des plus complètes : le séchoir *Pfeiffer et Möller*.

Le séchoir tunnel Möller et Pfeiffer se compose d'un tunnel en maçonnerie que traversent, d'une manière régulière et automatique, les produits à sécher portés par des wagonnets. La meilleure disposition est de placer les presses à l'entrée du tunnel et de disposer sa sortie près du four de manière à réduire au minimum la manutention.

La sortie du tunnel est fermée par une porte que l'on n'ouvre que pour le départ des produits secs.

Comme le séchoir fonctionne jour et nuit, de même que les fours continus, il faut s'assurer de quoi garnir le séchoir pendant la nuit et fabriquer assez de briques dans la journée pour avoir une réserve suffisante.

Le séchoir est traversé par des voies ferrées parallèles sur lesquelles sont dirigés les wagonnets. Un treuil mécanique, installé près de la porte, refoule les wagonnets.

En 24 heures on arrive à sécher suffisamment les briques pour les porter dans le four. La dessiccation est réglée de manière à être lente au début, puis à accélérer son allure quand elle touche à la fin. A ce moment les accidents ne sont plus à craindre. La température va en s'élevant de 20° à 110° au minimum, on peut même la pousser jusqu'à 140°. Par suite

Fig. 103.

de son échauffement graduel, l'air est de plus en plus capable d'absorber de l'eau au fur et à mesure qu'il avance dans le tunnel, en se dirigeant de l'entrée vers la sortie du séchoir, c'est-à-dire de l'extrémité froide jusqu'à l'extrémité chaude.

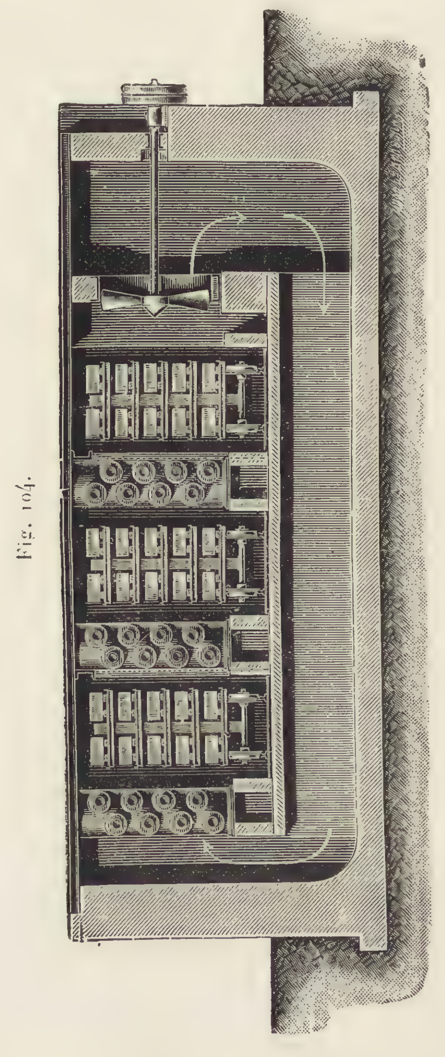


Fig. 104.

Le séchoir est muni dans toute sa longueur de tuyaux destinés au chauffage, placés de chaque côté des voies ferrées. Dans

la partie froide du séchoir, partie qui est la plus longue, ce sont des tuyaux à ailettes qui échauffent l'air, ils sont traversés par de l'air chaud déjà chargé d'humidité par suite de son passage sur les produits à sécher. A ce premier mode de chauffage fait suite une autre série de tuyaux, alimentés cette fois par la vapeur d'échappement d'une machine motrice; enfin, à l'issue du tunnel, un calorifère élève la température de l'air à son maximum.

L'air du séchoir est mis en mouvement par des ventilateurs qui le forcent à circuler sur les produits à sécher et sur les tuyaux chauds. Ces ventilateurs, placés de 5^m en 5^m, chassent l'air perpendiculairement à l'axe et lui font traverser successivement les files de tuyaux.

Après avoir été en contact successivement avec tous les produits placés sur les wagonnets et les tuyaux de chauffage qui sont voisins, l'air est appelé par le ventilateur qui l'oblige à circuler dans un caniveau situé au-dessous du sol avant de retourner se mettre en contact avec les produits et de recommencer plus avant un semblable parcours. En outre de ce mouvement transversal l'air reçoit un mouvement dans le sens longitudinal en passant de l'extrémité froide jusqu'à l'extrémité chaude. Le mouvement dans le sens longitudinal est obtenu par un aspirateur qui enlève l'air saturé d'humidité en le forçant à se rendre, par les tuyaux condenseurs, de l'extrémité la plus chaude vers l'extrémité la plus froide. Cet air saturé est continuellement remplacé par de l'air frais puisque l'entrée du tunnel n'est jamais fermée pendant le fonctionnement du séchoir. L'air saturé est lancé dans les tuyaux qui chauffent la première partie du séchoir; la condensation de la vapeur d'eau est ainsi très bien utilisée.

En résumé les différents modèles [1] de séchoirs peuvent être ainsi classés :

1° *Séchoirs chauffés et aérés.* — A ce groupe appartiennent les séchoirs placés au voisinage des fours : *a*, utilisant la chaleur

---

[1] On trouvera une étude détaillée des séchoirs dans *La Céramique*, années 1900-1901 et 1901-1902.

perdue par radiation et par le refroidissement des briques cuites; *b*, pourvus d'une canalisation dans le sol chauffé par la chaleur perdue du four, des foyers ou de la vapeur; *c*, pourvus de carneaux ou de tuyaux séparés du sol, chauffés par les mêmes moyens.

2° *Séchoirs ventilés et chauffés comprenant des produits stationnaires.* — Ils diffèrent des précédents par l'adjonction d'un ventilateur.

3° *Séchoirs chauffés et ventilés contenant des produits qui avancent et sèchent progressivement.* — Dans les uns : *a*, la ventilation s'effectue dans le sens de la marche; dans les autres : *b*, la ventilation est faite en sens contraire.

Cuisson. — La cuisson d'une grande quantité de briques, comme celle que produit une usine, s'effectue dans des fours continus. Le four Hoffmann est employé particulièrement pour la cuisson des briques avec les différentes modifications que lui ont données les constructeurs depuis sa création. Sous la forme que nous avons déjà indiquée, le four Hoffmann est presque abandonné. Le canal circulaire a été remplacé par deux galeries droites, parallèles, réunies à leurs extrémités. La forme la plus connue en France s'appelle *le four Simon*. En Allemagne on a adopté pour le four Hoffmann une modification analogue, mais, au lieu de construire deux galeries réunies par un passage brusque, on continue le canal aux deux extrémités et l'on relie les deux galeries par deux canaux demi-circulaires. La figure 105 donne une coupe transversale, puis deux coupes longitudinales : l'une suivant l'axe du four et traversant les canaux A de sortie, l'autre suivant l'axe d'une galerie. La coupe horizontale est complétée par une projection du toit du four montrant les trous de charge.

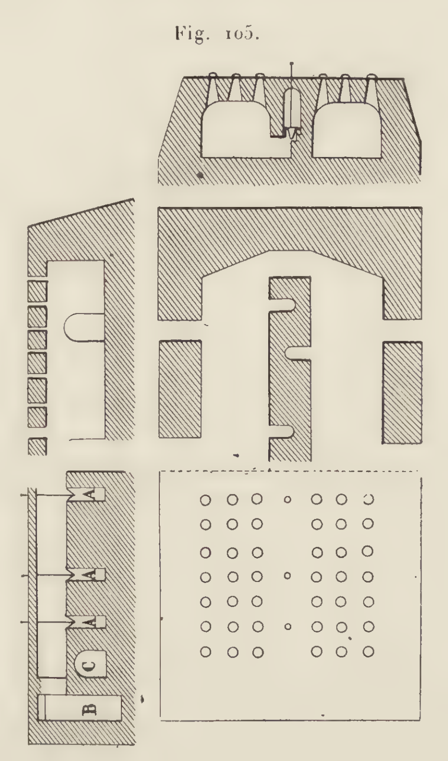
Le four Hoffmann circulaire avec un diamètre de 12^{m} fournit une livraison journalière de 2500 briques. Avec un grand four on peut surpasser de beaucoup cette production; les fours ordinaires ont été construits pour cuire de 6000 à 15000 briques.

Les fours continus, avec la disposition actuellement adoptée,

se construisent souvent avec de grandes dimensions; on rencontre très bien des fours ayant 50^m de long.

Parmi les nombreuses modifications que le four continu a reçues, il faut citer la suppression des cloisons métalliques et leur remplacement par des cloisons de papier que l'on fixe avec de la terre. Au lieu d'enlever la cloison il suffit de crever le papier avec une tige de fer quand on a établi plus loin une seconde séparation. La cloison prend feu et disparaît.

Fig. 105.



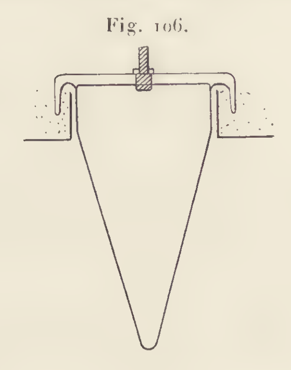
Au lieu des cloches que l'on employait pour ouvrir ou fermer les conduits du four, on se sert maintenant d'obturateurs plus faciles à centrer par suite de leur forme conique (*fig.* 106).

On construit le four en donnant aux galeries la forme rectangulaire surmontée d'une voûte en plein cintre ou peu surbaissée. Les dimensions varient naturellement avec la production. La section est comprise entre 3$^{m^2}$ et 10$^{m^2}$ et le cube d'enfournement

compris entre deux portes consécutives (cet espace formant un compartiment) mesure de 8^{m^3} à 60^{m^3}. En moyenne on a adopté des écarts moins grands, soit de 20^{m^3} à 40^{m^3}, ce qui permet d'enfourner 10000 à 20000 briques.

L'alimentation du four Hoffmann se fait avec du charbon fin, des *fines,* combustible peu cher. La combustion est effectuée d'une manière très avantageuse, aussi réalise-t-on une grande économie de combustible, économie qui peut dépasser la moitié

Fig. 106.



de la consommation du combustible des fours à la volée. On a indiqué jusqu'à 70 pour 100 sur les fours intermittents. Les qualités de ce genre de four ont amené la création de fours temporaires, construits pour une certaine durée avec moins de frais que les fours des usines fixes. On n'utilise la brique qu'aux endroits indispensables et l'on prend pour la garniture la terre environnante.

La conduite du four Hoffmann demande quelques précautions. Au début du chauffage il se dégage des quantités considérables de vapeur d'eau; la partie de la cuisson qui a pour but d'opérer la dessiccation porte le nom fort impropre d'*enfumage.* Ces gaz, chargés de vapeur d'eau en grande quantité, dirigés sur des produits frais à dessécher, laisseraient condenser une grande quantité d'eau sur les briques froides. Pour éviter ce grave inconvénient on a dû adopter une conduite particulière du four. Certains industriels ont proposé même d'employer, pour cette première partie du travail, des foyers auxiliaires; cette solution n'est pas aussi coûteuse qu'elle le semble à première vue.

On peut aussi placer le registre en avant des briques crues fraîches et ne pas enlever ce registre avant que la dessiccation soit assez avancée pour ne pas amener de dépôt d'eau sur ces briques. Hoffmann a construit dans ses fours un dispositif spécial pour faciliter l'enfumage. Au moyen d'un canal additionnel on peut faire communiquer entre elles telles régions du four que l'on désire. On aspire alors de l'air provenant des chambres en refroidissement, et par conséquent de l'air chaud, sur les produits à sécher; cet air ne peut apporter d'humidité puisqu'il n'en renferme pas lui-même. Au moyen de tubes de tôles mobiles, que l'on adapte sur les trous de la voûte, on réalise aussi cette manœuvre.

Il n'y a pas d'inconvénient à puiser ainsi de l'air réchauffé sur les produits en défournement, car l'on a toujours de la chaleur en excès dans cette partie du four. Pour avoir de la régularité, on dispose deux canaux, l'un inférieur, l'autre supérieur, de manière à sécher dans toute la hauteur.

Dans le four Simon on suit une autre marche pour l'enfumage. On a pratiqué dans l'épaisseur des murs extérieurs, à l'entrée de chaque compartiment, un petit foyer qui communique avec l'intérieur du four par une ouverture, et qui reçoit le combustible par une seconde ouverture. Cette dernière peut se fermer très facilement, si besoin est, avec une plaque de tôle ou des briques. Au lieu de ces foyers, on se sert aussi de poêles mobiles à cloche se plaçant sur le four même. Ce dispositif n'occasionne pas une dépense supplémentaire importante de charbon, car le charbon brûlé là aurait été consumé dans le four si l'on avait suivi la marche théorique.

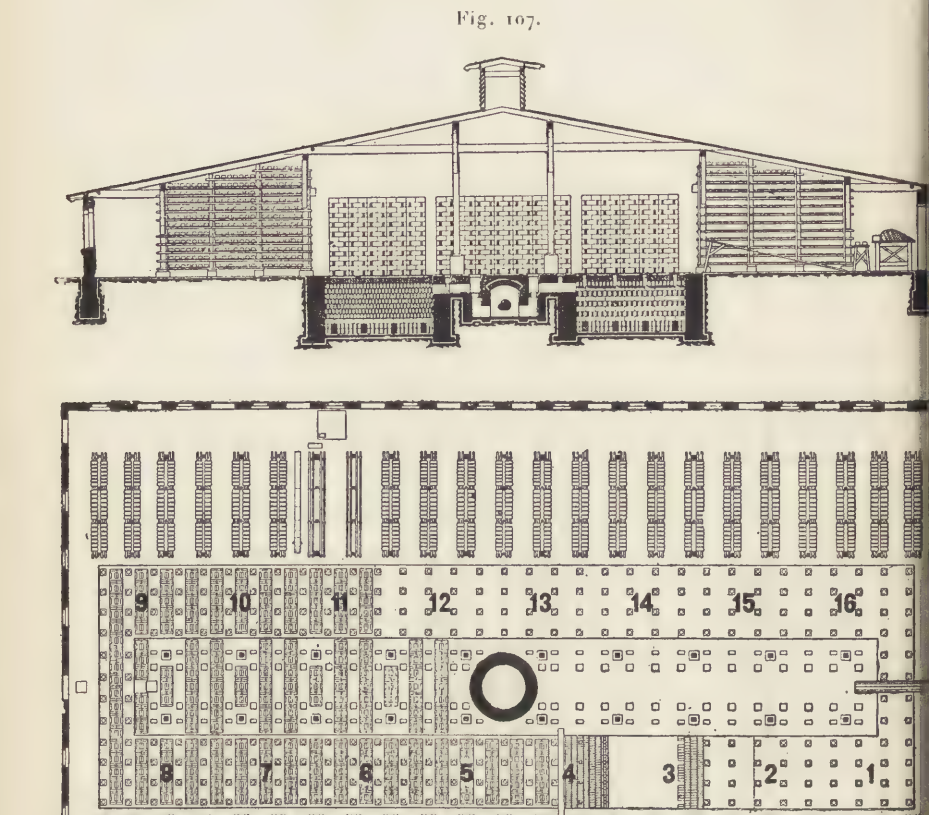
Une fois que l'on croit ne plus avoir à redouter de condensation on donne au four sa marche normale. Comme on peut craindre des accidents par suite de l'arrivée brusque de gaz très chauds, on peut ne faire arriver ces gaz que progressivement en ne fermant pas complètement le registre précédent, ou l'on maintient deux registres ouverts pendant le temps nécessaire.

L'avancement du feu varie avec le tirage. En marche lente, dans un four à 12 compartiments de 4^{m}, on avance de 4^{m} par

24 heures; une allure rapide donnerait le double. En pratique, on peut accepter la moyenne.

Le four Hoffmann n'est vraiment utilisable que pour une production un peu grande, l'appareil cuisant au minimum 3000

Fig. 107.



briques par jour. Quand on se trouve en présence d'une production élevée, au contraire, un four peut être insuffisant; aussi dans de grands fours a-t-on deux régions en feu. Il faut pour cela, par exemple, disposer d'au moins 24 compartiments.

Fig. 108.

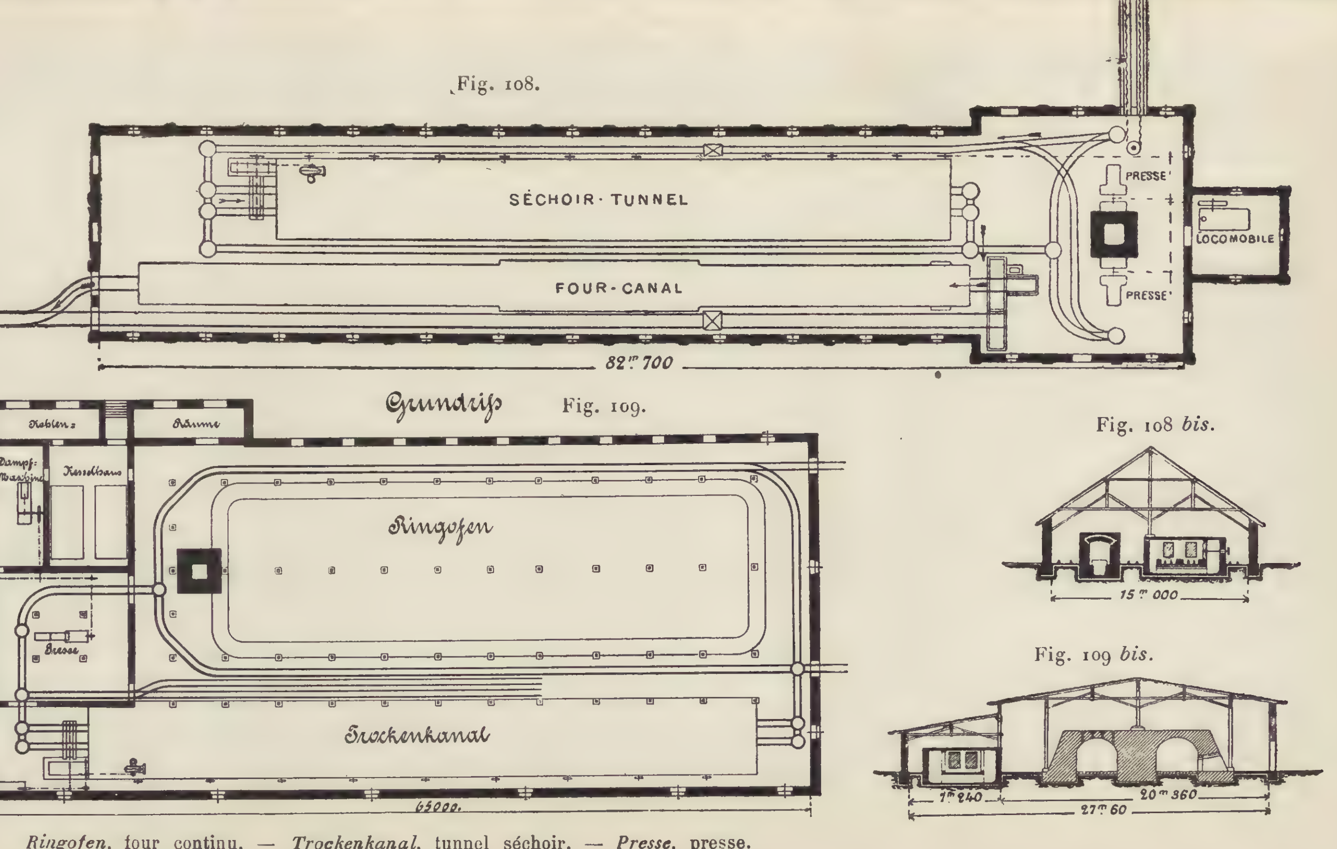


Fig. 109.

Fig. 108 *bis*.

Fig. 109 *bis*.

Ringofen, tour continu. — *Trockenkanal,* tunnel séchoir. — *Presse,* presse. *Dampfmaschine,* machine à vapeur. — *Kesselhaus,* bâtiment de la chaudière.

La manœuvre d'un four moyen demande, pour la cuisson, un chef cuiseur et un aide.

M. Otto Bock a proposé de donner au four Hoffmann une disposition qu'il emploie depuis 1897. L'appareil se compose d'un canal ayant la forme rectangulaire et le dispositif ordinaire du four Hoffmann. Dans le mur intérieur sont ménagées des ouvertures communiquant avec la cheminée et destinées à relier le four à la cheminée. Il n'y a plus ni portes ni voûtes; tout le service du four se fait par la partie supérieure, comme le montre la figure. L'enfournement doit être disposé de telle sorte qu'il reste entre les briques des conduits longitudinaux pour permettre le passage des flammes; quant à la voûte, elle est formée de briques crues juxtaposées. Après la cuisson, ces briques sont à demi cuites; on les emploie alors pour constituer la sole dans une autre cuisson.

Ce four donne, entre autres avantages, une grande facilité pour la cuisson, car il s'adapte à tous les formats sans perdre de place; les trous de charge peuvent s'établir à la volonté de l'enfourneur.

Un four de 33^m de long, ayant 3^m de largeur et $1^m,50$ de hauteur, est desservi par cinq ouvriers pour l'enfournement et le défournement de 10000 briques par jour.

Le four Hoffmann et ses dérivés ne sont pas les seuls fours continus employés par l'industrie briquetière. Le four tunnel Bock que nous avons décrit, associé à un séchoir Möller et Pfeifer (*fig.* 108 et 108 *bis*), donne de bons résultats.

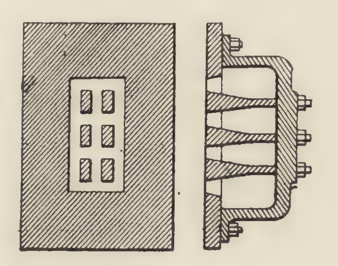
Le dispositif de Bock tient moins de place que le four d'Hofmann. En associant les deux appareils : four Bock et séchoir Möller-Pfeifer, la fabrication est considérablement accélérée, nous avons vu que le séchage tombait de plusieurs semaines à 24 heures, la durée de la cuisson s'abaisse à 36-60 heures.

Les figures 109 et 109 *bis* représentent un séchoir Möller-Pfeiffer installé à côté d'un four Hoffmann.

Briques creuses. — Dans la construction on n'emploie pas uniquement la brique ordinaire. Pour diminuer la charge, on a recours à des briques perforées, dites *creuses*. Le mode opéra-

toire qui permet de les obtenir est des plus simples : à la filière ordinaire on substitue une filière disposée comme l'indique le croquis ci-contre. Des parties pleines ménagées dans l'ouverture forment les creux dans le corps de la brique. Ces pièces sont maintenues par un étrier disposé à l'intérieur de la machine à briques.

Fig. 110.



B. — *Façonnage en pâte ferme et à sec.*

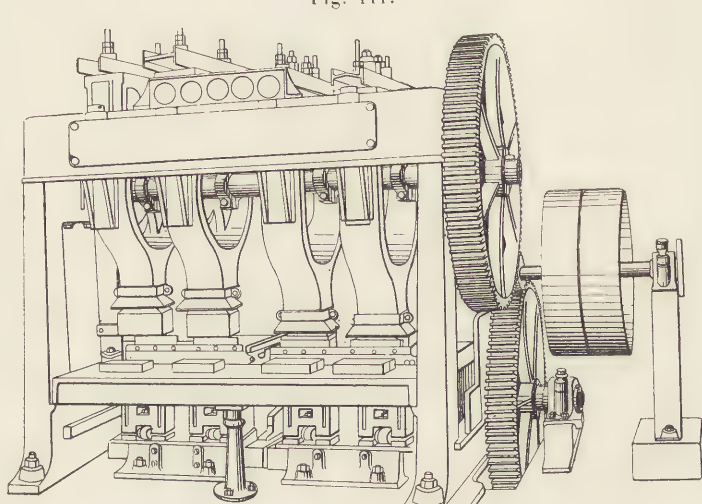
On a songé depuis fort longtemps à supprimer la dessiccation des briques en employant des pâtes aussi peu humides que possible; on peut même façonner avec des pâtes sèches, qui ne renferment plus que quelques centièmes d'eau.

Pour travailler des pâtes dures il faut recourir à la pressée. Les machines employées à ce façonnage devant fournir un plus grand effort que les presses ordinaires, reçoivent une construction plus soignée que les machines précédentes. Dans certaines d'entre elles les moules sont contenus dans un plateau tournant qui vient passer entre le piston presseur et le bloc formant enclume. Un moule se remplit pendant qu'un autre se presse et qu'un dernier est démoulé. Nous avons déjà eu lieu de considérer une machine de ce genre en parlant du pressage à sec. D'autres machines sont construites comme la presse à rebattre mécanique que nous avons décrite. Elles fonctionnent sans plateau tournant. La terre arrive dans les moules, est pressée, démoulée et poussée hors de la presse automatiquement. On peut aussi produire 1000 à 3000 briques à l'heure. La presse de Dorsten (*fig.* 111) est conçue sur un principe différent, la pression est donnée par la chute libre d'un lourd mouton

pesant 400kg. Un jeu de cames produit l'élévation et la chute des moutons, une autre combinaison convenable détermine l'emplissage et le mouvement automatique des moules.

Certaines terres à briques peuvent être directement pressées sans aucune préparation ni addition d'aucun élément. La plasticité de ces terres est faible, la texture est lâche; frottée entre les doigts la masse ne manifeste pas d'adhérence, elle s'émiette facilement au contraire. Néanmoins, pressée convenablement, elle donne des briques suffisamment solides pour être manœu-

Fig. 111.



vrées à l'état cru. La presse employée est du même type que celle que nous avons précédemment décrite (*fig.* 91). L'équipe comprend un ouvrier qui, armé d'une lame, analogue à une plane, fait tomber la terre devant lui. Dans sa chute la terre, dont les molécules sont peu adhérentes, tombe à l'état de poudre; un deuxième ouvrier charge à la pelle les moules de la presse et un troisième donne la pressée. Un gamin emporte les briques et les dispose en haie. La cuisson se fait à la volée.

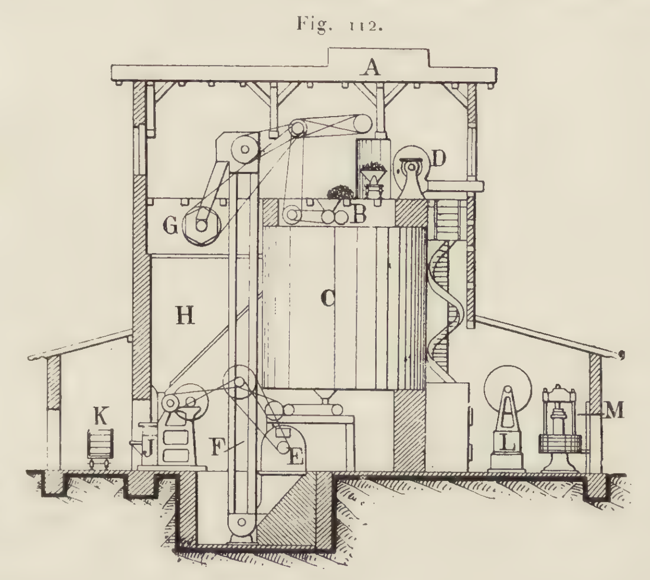
Une équipe, composée comme celle que nous venons d'indiquer, fait de 7500 à 8000 briques dans une journée de 10 heures.

Le pressage à sec, qui a rencontré pendant longtemps de

sérieuses difficultés, semble être maintenant au point voulu pour bien se comporter. Nous prendrons, comme exemple de fabrication, le procédé, imaginé par M. Czerny et appliqué par lui à Unter-Themenau (Autriche).

L'argile est d'abord laminée dans une paire de cylindres garnis de pointes. A la sortie de l'appareil un élévateur emporte la terre dans un séchoir où elle se sèche complètement en 8 à 10 minutes. Du séchoir l'argile sèche, mais encore chaude, passe dans un réfrigérateur. L'argile refroidie est additionnée de quelques centièmes d'eau et cette quantité de liquide à ajouter est dosée de manière à obtenir un mélange convenable pour le façonnage. L'argile mouillée est transportée mécaniquement au moyen d'une vis limaçon dans un désintégrateur

Fig. 112.



qui détermine un mélange complet de la terre avec l'eau et donne à la masse de l'homogénéité. Il sort du désintégrateur une poudre homogène qu'un élévateur entraîne dans un blutoir rotatif. La poudre que laisse passer ce dernier appareil est introduite alors dans des presses hydrauliques pour le façonnage. La cuisson peut être effectuée immédiatement après le façonnage

La presse employée par M. Czerny travaille automatiquement,

elle donne à peu près 1000 briques à l'heure. Cette presse est placée au-dessous d'un silo dans lequel vient tomber l'argile pulvérisée. Pour obtenir la pression nécessaire à ce genre de fabrication, il faut une presse hydraulique ([1]).

Le succès de l'opération dépend de quatre données qu'il faut connaître pour chaque sorte d'argile employée : humidité, dimensions des grains, intensité de la pression à exercer et durée pendant laquelle elle doit être maintenue. Si l'on a soin d'étudier les conditions à remplir, on peut avoir une fabrication régulière et très satisfaisante sous le rapport de la forme et de la structure des produits.

Le procédé de pressage à sec a l'avantage, sur le façonnage en pâte plus ou moins molle, de permettre d'employer des terres à briques telles qu'on les trouve sans addition de corps amaigrissants. Cette adjonction de corps antiplastiques dans la pâte diminue les qualités des produits, les briques à base d'argile seule étant préférables.

Les frais d'exploitation pour le pressage à sec sont moins élevés qu'avec le façonnage en pâte molle.

Il n'y a d'avantage à employer le pressage à sec que pour une production annuelle d'au moins trois millions de briques. Toujours d'après l'auteur on peut évaluer les frais des deux procédés à 8900 marks (11125^{fr}) pour le façonnage en pâte molle et 6800 marks (8500^{fr}) pour le pressage à sec, soit une économie de 2100 marks (2625^{fr}).

Il est difficile de se prononcer encore sur la valeur de ces affirmations; en tous cas, dans les congrès de fabricants de terre cuite tenus depuis quelques années, le représentant de ce procédé en Allemagne, M. Matern, est venu donner de bons renseignements sur le fonctionnement du pressage à sec.

Pour toute la fabrication de 10000 briques par jour une équipe de 4 ouvriers suffirait.

La durée de la transformation de l'argile depuis la glaisière jusqu'à l'entrée dans le four est de 4 heures.

([1]) Pour la description de cette presse, on peut consulter Dümmler, *Ziegelfabrikation*, p. 249.

Le procédé a été appliqué avec succès à des argiles grasses et à des limons sablonneux.

Briques poreuses. — On obtient des briques légères de grande porosité en ajoutant à la terre à briques des débris de charbon, de la sciure de bois, de la tourbe, en résumé des matières combustibles. Pendant la cuisson ces substances se consument et laissent des vides naturellement.

II. — TUILES.

On a donné une grande variété d'aspect à ce produit, néanmoins la fabrication réduite à ce qu'elle a d'essentiel comprend la fabrication d'une plaque de terre et sa cuisson.

Les tuiles les plus simples, les pannes ont une forme très simples; les tuiles à emboîtement, qui sont plus agréables d'aspect et permettent un assemblage plus parfait que les tuiles ordinaires, demandent une fabrication plus compliquée; nous allons examiner ces deux sortes de produits.

§ 1. — Tuiles ordinaires.

Moulage à la main. — Le travail est très comparable à celui de la confection des briques; dans un moule plat rectangulaire on introduit la pâte, on démoule et l'on porte au séchoir.

Le moule à tuile est forcément beaucoup moins profond que le moule à brique, par suite de la moindre épaisseur des tuiles. Comme la galette de terre que l'on obtient a peu de résistance, on pose le moule sur une planchette mobile, pendant le façonnage; puis, une fois que l'excédent de terre a été enlevé à la plane, on enlève le moule et la tuile reste sur la planchette. Mais un crochet est nécessaire pour ce genre de tuile plate, aussi a-t-on ménagé dans le moule une encoche. Pendant que le gamin emporte la tuile, d'un coup de pouce il relève cet appendice et le redresse de manière à former un crochet. Les tuiles sont déposées sur des supports dans le séchoir pour éviter

leur déformation en attendant qu'elles aient une consistance suffisante pour être portées au four. Ce moulage est moins rapide que celui des briques. Un bon ouvrier ne fait pas autant de tuiles que de briques.

La tuile à main n'a pas toujours une forme aussi simple que la tuile plate des campagnes. Pour obtenir des tuiles courbes, on porte la plaque de terre sur un mandrin présentant une surface conique et on la coupe aux dimensions.

La panne de Picardie est plus compliquée de forme; un de ses bords est relevé, tandis que l'autre présente une courbure. Ces pannes permettent une sorte d'emboîtement plus commode que la simple superposition des tuiles les unes sur les autres. Pour les obtenir, on fait d'abord une plaque de terre comme pour obtenir une tuile ordinaire. Le moule a la configuration voulue pour fournir la surface suffisante pour les parties en relief. On pose ensuite la plaque sur un moule de métal, dans les rainures duquel on a placé une fourchette. La croûte est ensuite appliquée de manière à épouser tous les détails, puis enlevée avec la fourchette et posée sur un support de bois. Les supports sont très simples, ils sont formés de tringles de bois parallèles réunies par deux morceaux de bois formant pied. Un de ces supports peut supporter trois tuiles. Les supports sont placés sur des étagères dans le séchoir.

Cuisson. — Les tuiles se cuisent dans des fours analogues aux fours à briques les plus simples; on les empile de champ en ayant la précaution de ne pas donner un feu trop vif au début.

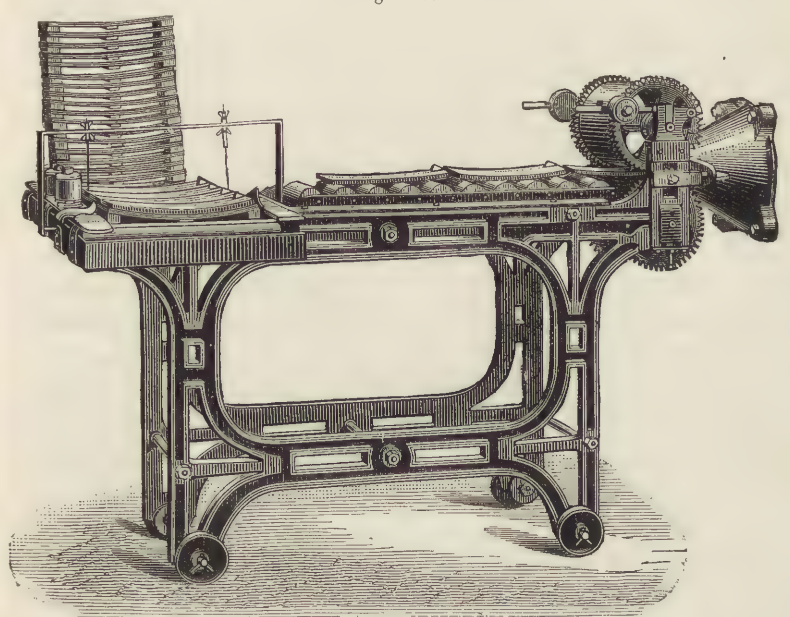
Les tuiles ordinaires n'ont pas la compacité voulue pour une bonne conservation. Elles s'imprègnent de végétations parasites nuisibles à leur durée. Les couvertures que l'on rencontre à la campagne sont chargées de mousses vertes abondantes qui résultent de la perméabilité de la terre cuite aux germes qui se développent à la surface.

Ces tuiles ne forment pas une aussi bonne couverture que les tuiles à emboîtement, aussi ne sont-elles employées que pour des constructions à bon marché.

§ 2. — Tuiles mécaniques.

La tuile plate se façonne facilement à la machine. Il faut d'abord faire une croûte à la filière, puis la débiter aux dimensions voulues. M. Joly adapte à la suite d'une filière un appareil coupeur spécial. Deux cylindres horizontaux, parallèles et munis

Fig. 113.



d'un engrenage, sont entraînés par le passage d'une croûte de terre. Le cylindre inférieur porte une saillie correspondant à un vide du cylindre supérieur, lequel est muni de lames placées longitudinalement. Au bout d'un tour complet, une encoche est produite et la tuile se trouve coupée. Si l'arrivée de la terre est constante, la production des tuiles est continue; les pièces coupées s'avancent sur les rouleaux. Il n'y a plus qu'à les enlever pour les placer sur des supports de grandeurs appropriées à la tuile.

La tuile plate peut être fabriquée à la filière encore plus sim-

plement. Au lieu de donner à la croûte une surface unie, on ménage dans la filière une ouverture qui forme une nervure dans le milieu de la croûte. On coupe alors la tuile à la longueur voulue avec un appareil comme celui qui sert dans la fabrication. La nervure formée sur la croûte rencontre à peu de distance de la filière un fil horizontal tendu, distant des rouleaux de l'épaisseur d'une tuile. Pendant le parcours de la croûte le fil enlève la nervure, mais il en laisse une longueur suffisante pour former le crochet. On peut superposer deux filières et faire deux tuiles à la fois se regardant face à face; les fils destinés à faire le crochet sont placés au-dessus et au-dessous. Dans d'autres appareils à filière on presse un bloc convenablement ajouré pour pouvoir le découper en plusieurs tuiles.

Ce genre de tuiles plates peut se faire avec l'extrémité droite ou courbe. Une machine, exposée en 1900 à Paris par M. Schlickeysen, était munie d'un appareil coupeur qui opérait à la fois le découpage de deux tuiles superposées et l'arrondissement de leurs extrémités. Ce genre d'appareil doit avoir ses rouleaux de plâtre disposés de manière à laisser passer les nervures.

On appelle *tuiles à feuillure* ou à emboîtement des tuiles munies de rainures et de renforcements disposés de telle sorte que les reliefs et les creux des tuiles voisines s'engagent les uns dans les autres de manière à former un tout impénétrable.

Les modèles de tuiles qui dérivent de cette définition sont extrêmement nombreux; la fabrication de ces produits est la même dans ses grandes lignes.

Quand les tuiles d'un toit se recouvrent l'une l'autre de telle sorte que leurs bords latéraux sont dans le prolongement les uns des autres, il n'est besoin que d'un seul modèle; au contraire, quand les bords traversent le milieu de la rangée suivante, une demi-tuile est nécessaire pour compléter la toiture. Les demi-tuiles se font souvent au moyen d'une forme spéciale; on peut aussi les tailler dans une tuile entière quand leur configuration le permet.

Les tuiles à feuillures n'ont pas toutes les mêmes dimensions; on compte en moyenne de 13 à 22 tuiles au mètre carré.

La fabrication demande une argile grasse, plastique. Une

argile trop grasse tend à se fendiller soit pendant le séchage, soit pendant la cuisson ; l'addition d'un dégraissant est presque toujours nécessaire, car rarement on trouve une terre convenable à façonner telle qu'on la trouve.

La pâte ne doit pas renfermer de grains, ni de pierres sous peine d'éclatements. Ce genre de tuiles est cher et exige une fabrication soignée.

La tuile à emboîtement se moule à la presse comme nous l'avons indiqué déjà, mais il n'y a pas en usage que le seul modèle de presse que nous avons décrit (*fig.* 55). Les petites presses sont des presses à bras; avec le nombre d'ouvriers convenable, soit un homme pour la manœuvre et un du côté des formes, on peut mouler 1500 tuiles par jour. Quelques presses plus robustes peuvent même fournir jusqu'à 1700 tuiles.

Pour la manœuvre avec un moteur, on commande l'appareil au moyen d'un système à friction sur lequel on peut faire passer une courroie roulant au repos sur une poulie folle. Une fois embrayé l'arbre supérieur entraîne dans sa rotation deux plateaux verticaux centrés sur cet axe; le contact d'un de ces plateaux avec un plateau horizontal commandant la vis de la presse détermine l'ascension ou la descente du moule suivant que le contact a lieu d'un côté ou de l'autre. Une presse de ce genre absorbe un cheval et demi pour donner 2000 tuiles par jour.

On construit aussi des presses à tuiles dans lesquelles la pressée est produite par un autre mécanisme. La pièce mobile est guidée par trois tiges qui assurent son mouvement dans le sens vertical. Un excentrique est engagé dans la partie supérieure de la pièce mobile; suivant le sens de rotation qu'on lui imprime il vient soulever ou abaisser le chapeau du moule. Le mouvement est réglé de telle sorte que, lorsque l'excentrique appuie sur le rouleau inférieur relié au moule, la pression exercée est considérable. Au contraire un effort très faible suffit pour remonter la pièce mobile.

Mue par un moteur une semblable presse fournit 220 tuiles à l'heure.

Les presses à tuiles travaillant en pâtes molles ont des moules en plâtre; le travail en pâte ferme nécessite des moules de

métal. L'emploi de pâte permettant l'usage de moules en plâtre est un cas très fréquent de la fabrication.

Pour une grande production on emploie des presses un peu différentes, dites *presses-revolver*.

Dans la partie inférieure d'un très fort bâti est monté un tambour à cinq faces, dont chacune porte un moule à tuiles.

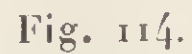
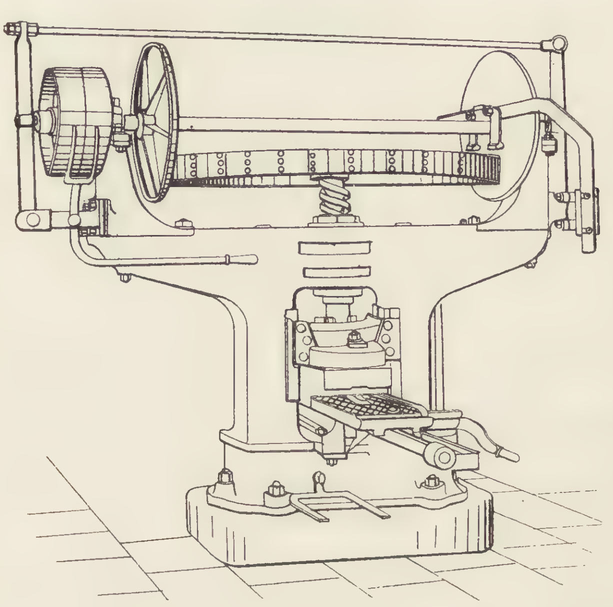


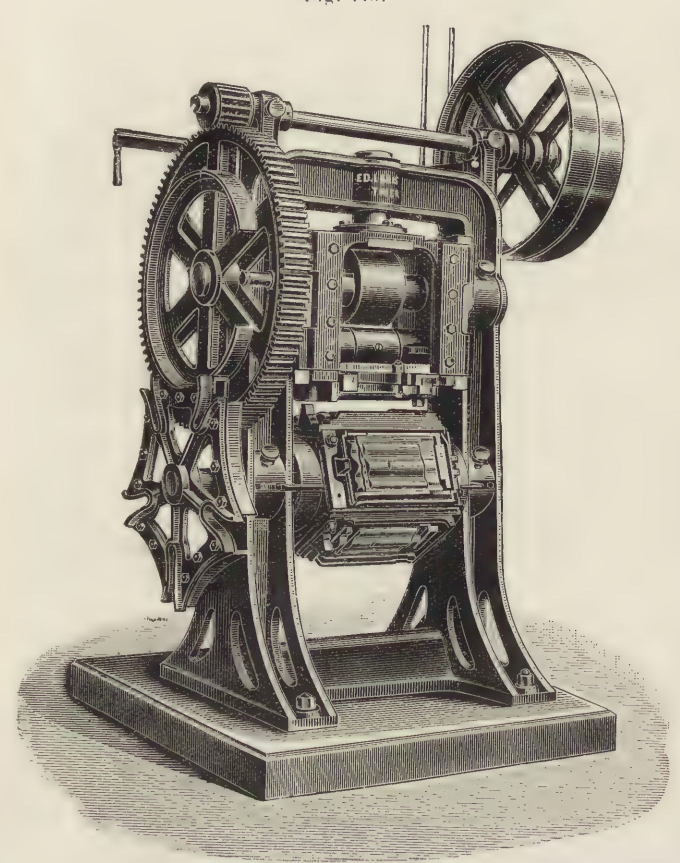
Fig. 114.



Au-dessus de ce tambour, la pièce, portant le moule supérieur, est guidée par un système de tiges. Chaque face du tambour se présente exactement au-dessous du moule supérieur. Le tambour est fixé dans cette position par un appareil d'arrêt qui se compose d'une étoile à cinq branches, montée sur l'axe de ce tambour, et d'un tenon en acier. Cette dernière pièce est adaptée à la grande roue dentée de l'axe de l'excentrique. Le tout est disposé de manière que, lorsque la grande roue fait monter et descendre une coulisse au moyen de l'excentrique, le tenon s'engage dans une des fentes de l'étoile et la fait évoluer d'un cinquième de tour. L'une des faces du tambour se trouve

dans la position voulue au-dessous du moule supérieur quand celui-ci est alors dans sa plus haute position. La bande de la roue de frein (*voir* à gauche sur la *fig.* 115) a une partie ouverte; quand l'étoile tourne, une de ses pointes s'emboîte dans la partie ouverte. Cette pointe est celle dans laquelle le tenon s'est

Fig. 115.



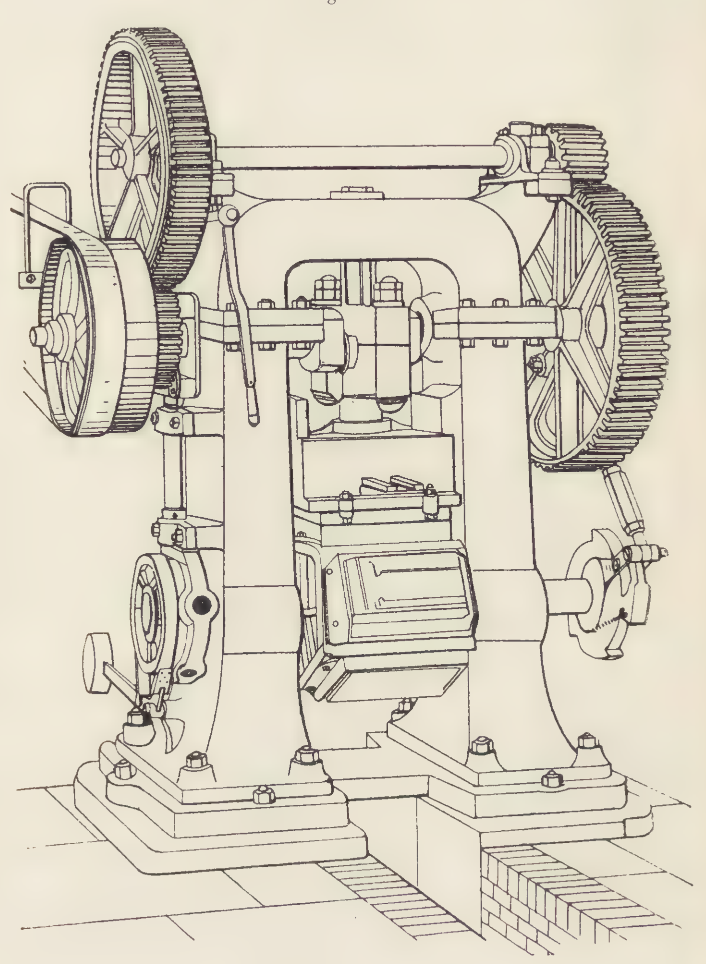
engagé. Un frein reste appliqué contre un des segments qui forment les branches de l'étoile, cette dernière s'arrête et immobilise le tambour; la pressée de la tuile s'effectue à ce moment.

On a adopté d'autres dispositifs dans la construction des presses-revolvers. Ainsi, dans la figure 116, on voit l'étoile à cinq

branches remplacée par un disque à cinq encoches dans lequel une tige vient se caler.

Dans l'intérieur de la coulisse on voit deux rouleaux horizon-

Fig. 116.



taux. Ces deux rouleaux font corps avec le support du moule : c'est entre eux que vient s'appliquer l'excentrique. Par suite de la construction de cette dernière pièce la pression n'est pas continue, elle subit une interruption quand la croûte a été bien

étalée, puis elle reprend plus énergiquement. Pendant la pause l'air peut s'échapper (*fig.* 115).

On garnit le tambour d'une galette de pâte pendant qu'a lieu la pressée. Cette application se fait sur la première face qui doit subir la pressée. Un deuxième ouvrier place un support sur la tuile qui vient d'être pressée et la maintient. C'est quand la face est arrivée au bas de sa course que la tuile s'en sépare.

Ce système de presse consomme beaucoup de force; trois chevaux environ sont nécessaires. On presse de 400 à 500 tuiles par heure.

Pour accélérer la production, on peut employer un instrument plus puissant avec un tambour suffisamment grand pour mouler trois tuiles d'un seul coup.

Les tuiles exigent des supports pendant leur dessiccation, elles doivent être soutenues pour éviter des affaissements et des déformations. On les pose alors sur des supports en bois de dimensions appropriées au format de la tuile.

Cuisson. — Placée dans un four continu, tel que celui d'Hoffmann, la tuile, se trouvant en contact avec le combustible, sort pleine de taches et tout à fait dépréciée; on a cherché de nombreux moyens pour éviter cet accident.

Dans les briqueteries où l'on fait des tuiles on emploie le four Hoffmann, les tuiles cuisent entourées de briques, protégées par ces dernières. Les briques seules servent à la confection des puits où tombe le combustible, l'enfourneur ménage autour des tuiles une garniture de briques qui les protège contre la chute du charbon. Cette manière de conduire la cuisson est subordonnée au rapport des nombres de briques et de tuiles fabriquées. Si ces dernières sont en trop grand nombre, il n'est plus possible de mettre en pratique ce genre d'enfournement.

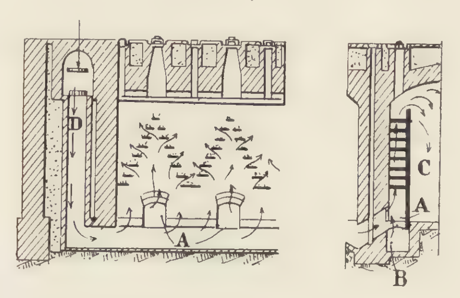
Parmi les modifications apportées au four Hoffmann pour le rendre apte à cuire les tuiles sans déchet nous citerons les appareils de Virollet, Dannenberg, Witte, Escherisch-Schwandorf.

Le four Virollet est un four à galerie dans lequel on a ménagé de place en place un foyer fixe à grille. L'air arrive du dehors sous la grille et traverse le combustible; les gaz se dirigent vers

la cheminée en parcourant la région du four contenant les produits à cuire tout comme dans un four Hoffmann. La seule différence à signaler c'est que, dans un four construit de cette manière, on ne peut utiliser de l'air échauffé par son passage sur des produits en refroidissement. Seuls les gaz chauds sont utilisés ; la combustion se fait au moyen d'air froid provenant du dehors. On donne le nom de *four à tranches* à un four ainsi disposé. L'appareil est en effet découpé en tranches, chacune d'elles commençant au foyer et se limitant à un petit mur précédant le foyer suivant.

Le four de Dannenberg est un peu différemment conçu. Il reçoit le combustible que l'on fait tomber par les ouvertures supérieures. Le four comprend une série de chambres identiques reliées entre elles par la partie inférieure. A l'entrée de chaque chambre, on a disposé sur la paroi transversale une grille en zigzag (comme le montrent les coupes ci-dessous);

Fig. 117.



cette grille C reçoit le combustible que l'on fait tomber par les ouvertures supérieures. De l'air chaud, provenant des chambres en refroidissement, arrive juste au-dessous de la grille par A pour alimenter la combustion. Une deuxième canalisation D permet d'amener de l'air au moyen des conduits B.

Witte construit son four d'une manière différente. Il conserve la disposition générale du four Hoffmann, mais ses foyers sont disposés dans les parois externes du four. Le four est divisé en chambres ; chacune d'elles peut communiquer avec les chambres voisines par des ouvertures ménagées dans la paroi ; à chaque

chambre correspond un foyer. C'est une variété du four à tranches; seulement avec cette disposition on utilise facilement la chaleur de refroidissement de la chambre voisine.

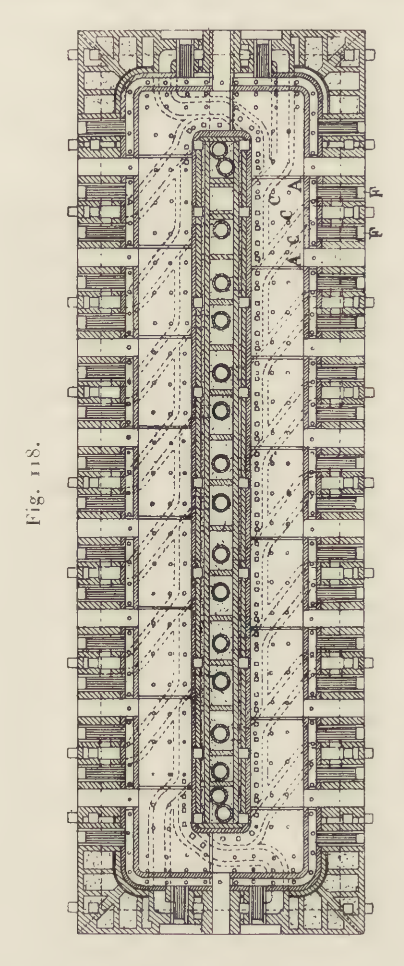


Fig. 118.

La cuisson des produits qui ne doivent pas être en contact avec le combustible peut s'effectuer par d'autres moyens que le précédent. L'emploi du gaz fournit une solution facile du problème. On a transformé aisément le four Hoffmann en four à gaz de gazogène d'une manière fort simple. Au lieu de jeter du charbon dans les trous de charge, on y fait passer des cylindres

en terre cuite, perforés, dits *chandelles,* et dans lesquels on fait arriver du gaz de gazogène. Une conduite g ménagée dans

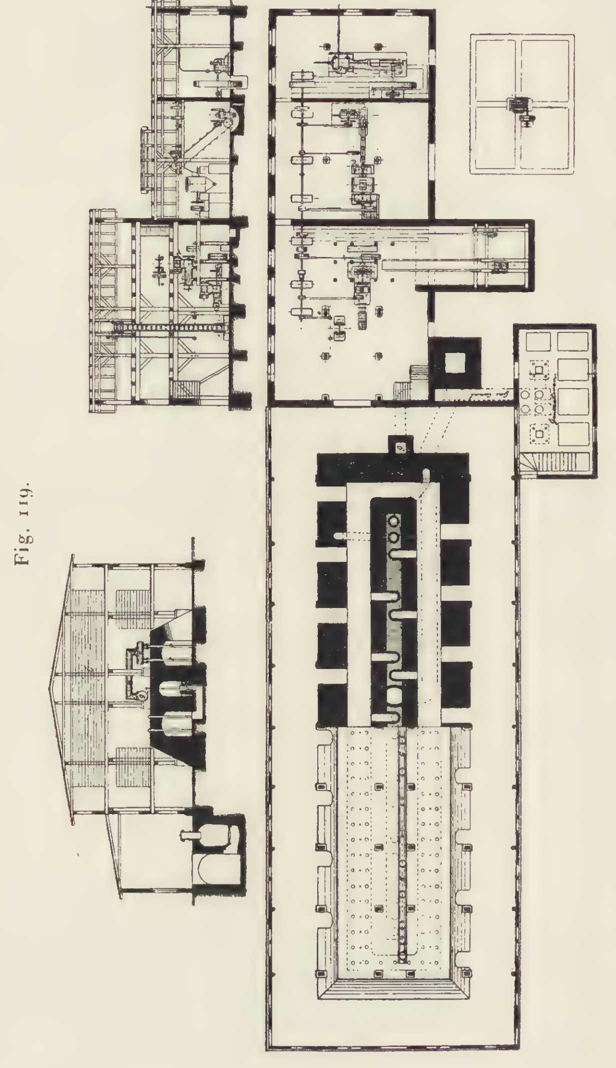


Fig. 119.

Cette figure donne le plan d'une installation employant un four à gaz du système Schwandorf-Escherisch.

l'axe du four est en communication avec les gazogènes. Des carneaux, débouchant dans le toit du four, peuvent être mis en communication avec les trous de charge au moyen d'un raccord

en tôle; un registre les relie à la conduite centrale. Avec ce dispositif on opère donc comme dans le four Hofmann; seulement, au lieu de jeter du charbon dans les puits, on introduit un brûleur à gaz qui supprime les inconvénients apportés par un combustible solide. Ce modèle de four a été employé tout d'abord par la Société de Schwandorf, d'où l'appellation fréquente *four de Schwandorf*.

Nous donnons ici une figure qui représente une briqueterie utilisant un four de Schwandorf. On ne voit figurer que deux chandelles dans le four; dans le cas d'un four plus large on utilise trois de ces brûleurs et ce mode opératoire est fréquent.

III. — CARREAUX.

A. — *Carreaux ordinaires.*

Le carreau de terre cuite, soit carré, soit hexagonal est très employé pour le pavement. S'il est bien confectionné il constitue un pavage résistant que l'on ne trouve plus guère dans les appartements des grandes villes, mais qui est encore utilisé dans les cuisines, les ateliers et dans les habitations de province.

Le carreau, comme les autres terres cuites, peut se mouler à la machine ; fait autrefois exclusivement à la main, il est produit maintenant, en grandes quantités, par façonnage mécanique.

La pâte à employer pour façonner les carreaux doit être capable de se resserrer à la cuisson. Un carreau susceptible de rester trop poreux ne peut que fournir un mauvais usage.

§ 1. — Moulage a la main.

Pour mouler à la main on pose un moule de bois, de dimensions convenables, sur une pierre plate reposant sur une table. On saupoudre de sable, puis on jette la terre dans le moule. On tasse la terre et, au moyen d'un outil tranchant, *la plane,* on enlève l'excédent de pâte et l'on polit la surface du carreau. Le

carreau est moulé en pâte assez dure pour ne pas se plier; il est alors posé en pile en ayant soin de ne pas oublier de saupoudrer entre deux carreaux. L'oubli de cette précaution amènerait des adhérences dont la conséquence serait la rupture des carreaux.

Les carreaux empilés sont portés au séchoir puis, lorsqu'ils ont pris une certaine dureté, soumis à l'ébarbage. Au moyen d'une batte en bois les carreaux sont ensuite tapés sur une surface plane. Après ce premier battage on peut procéder au taillage; quelquefois la nature des terres exige une deuxième période de dessiccation suivie d'un nouveau battage. Le taillage se fait au moyen d'un instrument tranchant. L'ouvrier suit les bords d'un calibre et fait tomber la terre en excès. Un bon tailleur coupe de haut en bas en léger biais, de sorte que la base du carreau se trouve un peu plus étroite que la surface supérieure. Cette forme facilite la pose et l'assemblage au mortier.

Les carreaux taillés sont remis en piles, puis séchés avec soin, sans excès de chaleur ni d'air.

Avec des terres cuisant d'une vilaine couleur on peut faire néanmoins du carreau bien rouge. Il suffit, quand le carreau est déjà séché, de le tremper dans une bouillie épaisse, faite en délayant dans l'eau une bonne terre. Il reste à la surface une couche de terre colorée. On appelle cette opération *engobage* par immersion; la couche déposée constitue l'engobe. En engobant au pinceau on a fait autrefois des carreaux de deux couleurs.

On composera aussi, si les terres le permettent, le carreau en deux couches; l'une en terre grossière, l'autre en terre fine.

§ 2. — Moulage a la machine.

Avec une filière appropriée on débite une croûte de terre qu'il suffit de découper à la taille convenable.

A l'exposition de 1900 M. Schlickeysen avait exposé une presse à filière donnant d'un seul coup des carreaux à surface imprimée. Au sortir de la filière la pâte rencontrait deux fils parallèles verticaux qui lui donnaient la largeur voulue. La

pâte s'avançait sur les rouleaux; quand on la jugeait suffisamment longue on manœuvrait l'appareil coupeur. Avant le découpage une pièce mobile dont la surface était cylindrique venait appliquer sur la pâte l'impression en creux du dessin choisi.

Généralement le carreau découpé à la filière n'est pas assez serré. Après dessiccation il a à subir un rebattage. Lorsque le carreau vient d'être découpé, il est très mou et n'est pas apte à subir de suite l'empilage.

Il est placé au sortir de l'appareil coupeur sur un support en bois et porté au séchoir. Le support reçoit ordinairement trois carreaux. Une fois devenu plus consistant le carreau doit être rebattu et taillé. Avec une presse rebatteuse on termine d'un seul coup le carreau; l'appareil est en tout point semblable à la presse à rebattre les briques. On peut aussi terminer le carreau à la main; on opère ainsi à Beauvais pour faire le carreau dit de *Beauvais*.

La forme du carreau est donnée approximativement par l'appareil coupeur. Le taillage vient la déterminer exactement.

Avec une presse convenable le débit est considérable; ainsi, un appareil, muni d'un double système de moules permettant le démoulage d'un carreau pendant qu'un autre se presse, peut débiter 5000 carreaux et même plus en 10 heures.

A Beauvais, où l'on finit encore le carreau à la main généralement, un tailleur de carreaux, aidé d'une rebatteuse, termine dans le même temps 1200 carreaux.

Les grands carreaux ne nécessitent qu'un matériel plus puissant. A la presse à balancier une machine, disposée comme la précédente, moulera 2500 carreaux au moins en 10 heures.

Le carreau peut se faire aussi par voie sèche. On a recours à la presse hydraulique pour fournir la pression nécessaire; nous y reviendrons plus loin.

B. — *Carreaux incrustés.*

En outre du carreau ordinaire monochrome on emploie du carreau de terre cuite à plusieurs teintes. La difficulté de la fabrication réside dans le choix des terres; il faut que toutes les

masses employées pour obtenir les colorations possèdent le même retrait. On trouve avantage à substituer à la terre cuite du grès qui, par suite de sa structure vitrifiée, a plus de dureté. Nous traiterons la fabrication de ce genre de carreaux à propos du grès.

IV. — BLEUISSAGE.

On désigne sous ce nom le traitement que l'on fait subir aux terres cuites pour leur communiquer une coloration noire. Lorsque la température s'est élevée et a atteint le point le plus élevé on ferme les orifices du four après introduction de matières capables de produire un dépôt de charbon. Comme il n'entre plus d'air dans le four, la combustion est incomplète et il se produit des fumées charbonneuses qui viennent déposer du carbone très divisé. On employait autrefois du bois vert, on préfère maintenant employer des goudrons ou des huiles de distillation de schistes ou goudrons.

Les pâtes non ferrugineuses se prêtent mal à ce genre de traitement, elles ne prennent qu'une coloration grise ou noirâtre. Au contraire, avec des pâtes contenant du fer, la masse se colore en noir et prend des reflets bleutés, d'où le nom de *bleuissage*.

Quand on opère avec des liquides on a recours à des entonnoirs pour verser le produit dans le four. Cette introduction se fait en plusieurs fois, en laissant entre chaque versée un intervalle d'au moins 1 heure. La dépense d'huile varie de 10^{kg} à 20^{kg} par mille de briques.

Il est important d'éviter une admission trop hâtive de l'air pendant le refroidissement afin d'empêcher la combustion du carbone.

Après l'introduction de l'huile dans les fours à bleuir on ferme les entrées et l'on abandonne au refroidissement. On ne laisse rentrer l'air que plus tard quand la température du milieu s'est suffisamment abaissée pour que l'on n'ait plus à redouter l'inflammation du carbone divisé. Le refroidissement dure ainsi une dizaine de jours et même davantage. On a proposé (E. Pohl) [1]

---

(1) *Thonindustrie Zeitung*, n° 29, 1901, p. 405.

un mode opératoire plus rapide que le précédent. Le four est alors ainsi disposé : à la partie supérieure du four sont percées des ouvertures maintenues fermées pendant la cuisson; sous le four on a ménagé un canal venant déboucher dans la sole par une série de carneaux, également sans communication avec l'air extérieur pendant toute la durée du feu. Une fois la cuisson terminée on adapte un système de tuyauterie de tôle réunissant les ouvertures supérieures au canal inférieur. On peut sur le trajet interposer un réfrigérateur formé par des tubes traversant un bac plein d'eau froide. Une fois ce dispositif mis en place, les gaz chauds s'élèvent et se refroidissent, ils deviennent alors plus lourds et viennent tomber sous la sole où ils s'échauffent nouveau, remontent et continuent à se mouvoir en enlevant chaque fois de la chaleur à la masse.

V. — TUYAUX.

Le tuyau de terre peut se fabriquer au moyen d'une croûte de pâte de largeur convenable que l'on enroule sur un cylindre. Au moyen d'une bague de terre additionnelle on forme un emboîtement s'il est besoin que le tuyau en possède un.

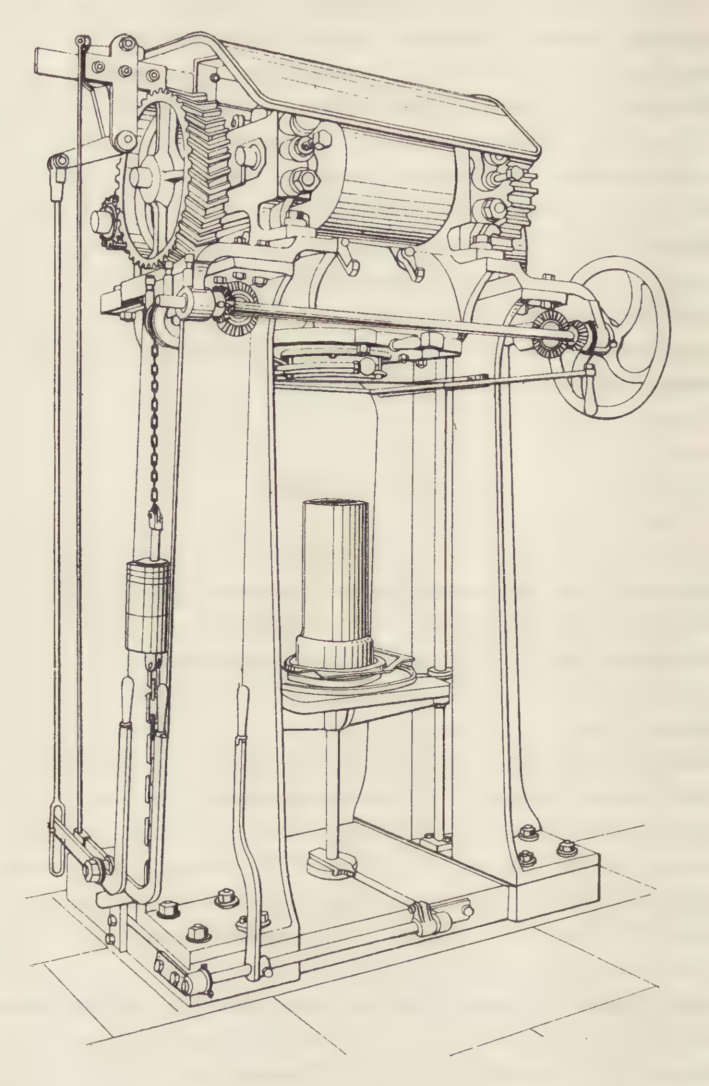
La tuyauterie de terre cuite se fait principalement à la machine. Pour les petits diamètres on utilise des machines à filières disposées avec une sortie horizontale. La filière est construite comme la filière à briques creuses; elle comprend un noyau cylindrique fixé au milieu d'une ouverture circulaire. Les machines employées à ce genre de travail sont souvent actionnées par un piston pressant la terre dans une boîte précédant la filière. Ce système ne donne qu'une propulsion intermittente.

En utilisant une paire de cylindres on réalise un débit continu. On a disposé des machines devant servir, par une manœuvre simple, au façonnage des divers produits nécessitant l'emploi d'une filière.

La grosse tuyauterie demande des appareils plus puissants dans lesquels les tuyaux sortent verticalement. La filière, qui

est horizontale, reçoit la terre, poussée par des cylindres. Au-

Fig. 120.



dessous d'elle se trouve une table se déplaçant verticalement au moyen d'une crémaillère.

Au moyen des piliers qui supportent le bâti on peut guider ce

plateau. Un système de contrepoids équilibre la table et facilite ses mouvements que commande une manivelle.

Comme ces tuyaux présentent un emboîtement il est nécessaire de prendre quelques précautions. L'emboîtement du tuyau sera produit pendant le façonnage en faisant descendre le tuyau sur une pièce tronconique, peu élevée, qui provoque un léger évasement.

On introduit d'abord dans la filière le mandrin destiné à former l'emboîtement, puis on fait monter la table de manière à la faire presser contre la filière. Comme le mandrin est un peu plus grand que l'épaisseur de la filière, il n'y a pas adhérence parfaite entre la filière et la table; il reste un petit espace vide entre ces deux organes. Dès que l'on donne la pressée la pâte vient s'écouler de la filière et coiffer le mandrin formant moule. On arrête la machine, on descend la table et l'on enlève le mandrin. On remonte ensuite la table et l'on fait fonctionner la presse.

Le tuyau et la table descendent et on laisse ce mouvement s'effectuer jusqu'à ce que la longueur voulue soit obtenue. On fait agir alors un appareil coupeur et l'on enlève le tuyau après avoir fait descendre le plateau d'une hauteur suffisante pour une facile manœuvre.

A l'autre extrémité du tuyau, quand la pâte est un peu raffermie, on gratte la terre circulairement avec une pièce en forme de peigne qui détermine des rainures, nécessaires pour assurer un scellement adhérent.

On fait avec de semblables machines des tuyaux d'un diamètre allant jusqu'à 1^m.

Pour des tuyaux moyens M. Joly a construit des presses qui peuvent servir horizontalement et verticalement.

La tuyauterie de terre cuite est notablement inférieure à la tuyauterie de grès. C'est surtout à la fabrication de ce genre de produits que servent les grandes presses que nous venons de décrire. Mais, comme elles sont utilisées pour la confection de beaucoup de produits de terre cuite autres que les tuyaux et, qu'en outre, un certain nombre de tuyaux dits *de grès* sont cuits en terre cuite, nous avons pensé que leur place se trouvait dans la fabrication des terres cuites.

Les tuyaux de terre se cuisent verticalement et en charge. Il n'existe pas de fours spécialement aptes à ce genre de cuisson, mais on utilise soit des fours à axe vertical, analogues aux fours à flamme directe servant à la cuisson de la faïence fine, soit des fours à axe horizontal continus ou non.

VI. — TERRES CUITES DE CONSTRUCTION.

En même temps que les briques, tuiles et carreaux, la construction consomme un grand nombre de pièces de terres cuites de formes diverses.

L'ornement et la garniture des toits demandent, par exemple, des faîtières et des épis. Les premières servent à recouvrir les arêtes des toits ou des murs garnis de tuiles. On les façonne soit à la filière, soit au moule. Par le premier procédé on peut réaliser un très grand nombre de formes. Les épis ne servent qu'à orner la toiture, ils sont moulés; leur consommation est du reste beaucoup plus restreinte.

Pour les conduits de cheminée, pour les cheminées elles-mêmes, on a recours à une poterie de terre cuite de forme relativement simple.

Ce sont des tuyaux de section cylindrique (*boisseaux*) ou quadrangulaire (*wagons*) qui peuvent se superposer et former ainsi des conduits de la longueur désirée. On les fait à la filière et l'on retouche la pièce si besoin est; seulement on se sert d'une machine à disposition verticale pour éviter la déformation des produits. On opère comme pour la fabrication des tuyaux.

Pour les cheminées on se trouve parfois obligé de faire des conduits biais, car ce n'est pas seulement des conduits verticaux qu'il faut établir pour la fumée, les nécessités de la construction obligent à des inclinaisons. Ces pièces se font simplement en coupant de biais des pièces obtenues sur un plateau incliné; on arrive aussi au même résultat avec des fils convenablement inclinés.

Il faut ranger parmi ces produits de terre cuite, les cheminées et les lanternes dont on coiffe parfois ces dernières.

En dehors de ces pièces de fabrication courante, l'architecture

moderne emploie des ornements de terres cuites, tels que des balustres, des colonnes, etc. La forme de ces objets détermine leur mode de façonnage; c'est au moulage que l'on a le plus souvent recours. Quand on veut faire des bordures avec des moulures on a recours alors à une sorte de calibrage.

La pâte, étalée en blocs convenables, subit le passage d'un calibre mû à bras d'homme qui lui donne la forme désirée.

Ce façonnage demande beaucoup de soins pour éviter les gauchissements et les fissures. On ne peut accélérer la dessiccation sans danger quand il s'agit de grosses pièces; aussi cette fabrication n'est-elle entreprise que par un petit nombre de maisons possédant un personnel expérimenté.

La cuisson de semblables objets demande des soins, elle doit être effectuée lentement, naturellement à l'abri du contact du combustible. On met les pièces en échappade ou en charge et l'on peut employer avec succès, pour leur cuisson, les fours dits *fours-moufles*.

Ces appareils se composent d'une ou plusieurs chambres en terre réfractaire dont les parois sont entourées de flammes. Ce dispositif rappelle celui des moufles; il s'en distingue par ses dimensions qui sont notablement plus grandes.

Comme exemple de fours moufles nous citerons les appareils de M. Augustin et de M. Hielscher.

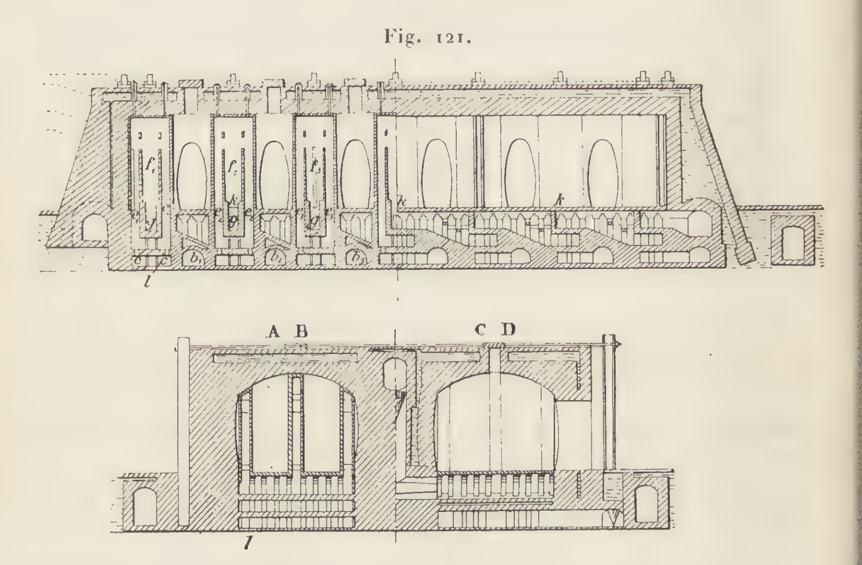
Pour bien faire comprendre l'appareil, nous en donnons une coupe longitudinale, une coupe transversale et une coupe horizontale. La coupe longitudinale est faite dans sa première moitié suivant l'axe du four E, dans sa seconde moitié suivant une direction parallèle H à cet axe. La coupe transversale est effectuée également suivant deux directions, toutes deux perpendiculaires à l'axe; l'une d'elles traverse l'axe d'une chambre; l'autre est faite un peu plus loin parallèlement à la première. La coupe horizontale est faite à quatre hauteurs, I, II, III et IV : il est facile en jetant un coup d'œil sur la première coupe de se rendre compte des directions de ces différentes sections. Elles sont reproduites figures 121 et 122.

L'appareil représenté ici comprend six chambres de moufles; il faut le construire avec plus de développement, mais six

chambres suffisent pour la description. On ne doit pas descendre au-dessous de huit pour que le rendement soit avantageux; il est préférable d'en avoir dix au moins.

Le four se compose de deux séries de chambres accolées; entre les deux rangées se trouve un conduit en relation avec la cheminée; ce canal sert pour l'évacuation des produits de la combustion. La communication avec la cheminée s'établit par le

Fig. 121.



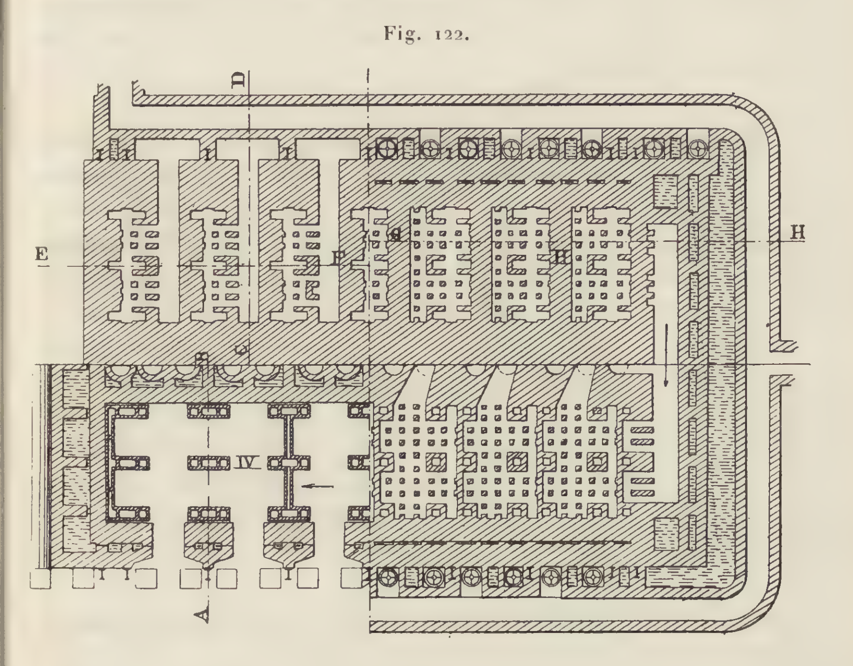
moyen d'un obturateur à cloche *h* (*voir* coupes suivant III et suivant CD).

Chaque chambre de moufle est desservie par deux portes. Le chauffage s'effectue en dessous et par côtés. Dans les soubassements du four ont été établis quatorze conduits *b* en relation avec un conduit parallèle *l*; au-dessus du canal *l* se trouve un second canal *d* plus étroit qui permet d'établir une communication sous le moufle avec le brûleur suivant : ainsi *d* communique avec g_2. Chaque chambre de moufle est chauffée par des systèmes de tubes parcourus par des flammes passant sous la sole.

Examinons le fonctionnement de l'appareil. Supposons qu'il y a des moufles cuits (ce seront les derniers numéros par exemple) et examinons ce qui se passe pour la cuisson de 1.

Devant chaque conduit *b* se trouvent deux obturateurs à cloches *i* et *a*; l'obturateur *i* permet, lorsqu'on le soulève, l'entrée de l'air dans l'appareil, l'obturateur *d*, quand il est levé, donne accès au gazogène. Ouvrons d'abord i_{13}, l'air pénètre par b_{13} dans les conduits déjà chauds, puis ouvrons en *a* la communication avec la canalisation du gazogène; le gazogène pénètre dans b_2,

Fig. 122.



passe dans *l* et s'engage dans les trous *c* en face du canal *d*. La combustion peut s'opérer alors et les flammes montent dans les tubes *c*, puis redescendent dans le tube *f* et trouvent au fond de *f* le canal *g* qui leur laisse libre l'entrée sous la sole. Après avoir passé sous la sole, les gaz chauds sortent en d_2. En somme, ce four ressemble à une sorte de four à chandelles, seulement les chandelles sont renfermées dans une enveloppe réfractaire. La manœuvre du four consiste à ouvrir et à fermer trois sortes de registres : les registres *a* qui amènent le gazogène, les registres *i* qui introduisent l'air et les registres *h* qui ouvrent la communication avec la cheminée.

Dans cet appareil les canalisations du gazogène et de l'air sont identiques, seulement c'est l'air qui traverse les canalisations chaudes et le gazogène celles à chauffer.

Le four moufle Hielscher ([1]) est disposé comme un four Hoffmann. Il comprend une série de grands moufles occupant les galeries du four et formant, par conséquent, un anneau. Le chauffage s'opère comme dans le four moufle Augustin, au moyen de brûleurs, alimentés au gazogène, enfermés dans les parois des moufles.

Terra cotta. — On fabrique aussi en Allemagne, sous le nom de *terra cotta*, un produit dont le nom traduit en français par *terre cuite* donnerait une idée tout à fait fausse, éveillant le souvenir des statuettes de terre rouge. La terra cotta est faite avec une argile dégraissée avec du ciment et additionnée de feldspath en quantité suffisante pour agglomérer un peu la masse. Cuite très haut, cette terra cotta est excessivement dure, compacte et fait feu avec l'acier. Ce n'est pas une terre cuite proprement dite. On la décore avec des couleurs, sans glaçure, de manière à lui laisser un aspect peu brillant. On l'emploie dans l'architecture, car on peut lui donner de nombreuses formes. Ce produit doit pouvoir bien résister aux intempéries.

Joignons à cette fabrication celle des matériaux de construction artificiels. On arrive à imiter la pierre, en terre cuite, avec une perfection suffisante. Ces matériaux artificiels sont fabriqués dans certains pays en assez grande quantité pour constituer un produit spécial intéressant.

La terre cuite peut se présenter avec des couleurs différentes suivant les impuretés qu'elle renferme. Dans la fabrication des matériaux de construction on utilise cette propriété et l'on trouve un échantillonnage très varié comme couleurs. Les matières vont du blanc pur au gris, au jaune et au rouge brun avec toutes les teintes intermédiaires.

([1]) Il est décrit dans DÜMMLER, *Ziegelfabrikation*, p. 358.

VII. — POTERIE DE TERRE.

Certains objets n'ont pas besoin d'être confectionnés avec une pâte compacte, leur porosité n'a quelquefois pas d'inconvénients, parfois même elle est utile. Ce genre de fabrication qui ne comporte que la création d'objets rustiques est encore entre les mains de nombreux petits potiers. Le peu de valeur de la marchandise permet de vivre à ces fabricants que l'on rencontre encore dans des villages éloignés d'un grand centre. Là ils peuvent lutter plus avantageusement contre la concurrence des fabriques par suite des frais qu'occasionne le transport à ces dernières et, quoique le nombre de ces poteries campagnardes ait diminué, il comprend encore une certaine quantité d'installations.

Le potier de terre travaille avec les moyens les plus réduits; souvent il est seul. Il prépare sa pâte, la façonne, la met à sécher et la cuit lorsqu'il possède de quoi emplir son four.

La pâte est faite avec un mélange de terres, car il est rare que le potier trouve dans les environs la matière convenable, toute préparée par la nature. Comme dégraissant, si l'adjonction d'une pareille matière est nécessaire, il a recours à des sables fins naturels que l'on rencontre à un état de division suffisante dans la carrière elle-même.

L'emploi du malaxeur n'est pas général; quand la production est petite, comme c'est le cas ici, on actionne l'appareil avec un cheval ou à bras d'hommes. Le plus souvent le potier marche sa pâte et la coupe en ballons qu'il utilise au fur et à mesure de ses besoins.

Le façonnage se fait sur le tour, sans tournassage naturellement. D'un premier jet le tourneur donne la forme, ce qui est facile du reste puisque les profils ne sont jamais compliqués. Si la pièce nécessite une garniture, cette garniture se fait à la main puis est collée sur la pièce un peu raffermie.

La dessiccation se fait dans des séchoirs des plus simples. On dispose des planches sous le hangar qui abrite le four et on les pose au voisinage de celui-ci.

Les fours des potiers présentent les formes les plus variées, mais en général ils sont réduits à leur plus simple expression : une chambre dans laquelle se placent les produits et un foyer dont la flamme traverse le four soit verticalement, soit horizontalement.

Pots à fleurs. — Le pot à fleurs se fait souvent au tour. Quelques fabriques de terre cuite qui se sont occupées de la confection du pot de fleur travaillent la terre mécaniquement. La terre est introduite dans un moule de plâtre, placé sur le tour, dans lequel vient descendre une pièce métallique qui donne la forme intérieure du pot.

Tirelires. — Parmi les pièces que font les petits potiers, une des plus curieuses est la tirelire en forme de tonnelet.

Le tourneur fait d'abord un cylindre de plâtre, puis il le presse à sa partie supérieure en le resserrant et appuie sur la partie supérieure pour égaliser la surface, faire le rebord et forcer le cylindre à prendre un plus grand diamètre en son milieu. La tirelire est terminée, il ne reste plus qu'à creuser une fente.

Dans la région qui les avoisine les potiers peuvent fournir d'autres pièces que la poterie. Ainsi ils tournent des cheminées, des lanternes, même de petits tuyaux. Quand les tuyaux ont une longueur gênante pour le travail sur le tour, on les tourne en deux parties que l'on recolle.

VIII. — POTERIES POREUSES.

Dans quelques cas on met à profit la porosité des terres cuites; par exemple, les gargoulettes et les alcarazas, qui servent à rafraîchir l'eau, ne doivent leurs propriété réfrigérantes qu'à leur texture poreuse. Leur surface est constamment recouverte d'une pellicule d'eau dont l'évaporation amène le refroidissement du récipient et de son contenu.

Hydrocérames. — C'est sous ce nom générique que l'on

désigne dans la plupart des ouvrages les poteries destinées au rafraîchissement des liquides.

La confection de ces poteries est tout entière liée à la structure physique de la masse. Il faut que la pâte prenne par cuisson une solidité suffisante pour résister à l'usage et qu'elle conserve pourtant une texture lâche permettant le suintement du liquide.

Les terres que l'on emploie pour cette fabrication sont de natures très différentes; ainsi, les alcarazas d'origine française sont franchement rouges, tandis que celles qui proviennent des colonies sont blanches ou blanchâtres.

On donne à la masse la porosité désirée par deux procédés. La pâte peut être dégraissée avec du sable fin en quantité suffisante; la masse, après cuisson, conservera une structure suffisamment lâche si la température de cuisson n'a pas été exagérée. D'autre part, en introduisant dans la pâte des matières combustibles ou volatiles, on arrive au même résultat. C'est à la sciure de bois et au sel marin que l'on a recours le plus souvent.

Vases poreux. — Le vase poreux employé dans les piles est fait maintenant en biscuit de faïence fine dans beaucoup de pays et principalement en France. Par mesure d'économie, et probablement sans qu'il en résulte de grandes perturbations dans le fonctionnement, on trouve encore, en Angleterre, par exemple, des piles dont les vases poreux sont en terre cuite.

Les argiles calcaires doivent être exclues naturellement de cette fabrication.

Tuyaux de drainage. — Ces tuyaux servent à emmener l'eau déposée dans des fonds de terrain. Par suite de leur faible cuisson ils conservent la porosité nécessaire à leur pénétration par les eaux avoisinantes.

CHAPITRE XI.

PRODUITS RÉFRACTAIRES.

Les produits de terre qui doivent supporter une température élevée ne peuvent être faits avec les argiles qui servent à composer les pâtes des terres cuites ordinaires. La présence des matières étrangères, principalement de substances calcaires, alcalines ou ferrugineuses, entraîne la production de composés fusibles à hautes températures.

Les argiles à employer alors devront être réfractaires, c'est-à-dire capables de supporter une température élevée sans trace de ramollissement ou d'affaissement.

En principe, on peut désigner comme argile réfractaire, nous l'avons déjà dit, toute argile qui, chauffée à la montre 26 de Seger, ne montre pas trace d'affaissement.

Les argiles, désignées sous le nom d'*argiles réfractaires,* ont leurs gisements au-dessous des formations tertiaires et au-dessus des formations crétacées. A ces matériaux argileux il faut ajouter les argiles schisteuses des terrains carbonifères, argiles qui sont très réfractaires mais dont la plasticité est ordinairement moins développée que celle des argiles précédentes.

Les argiles plastiques réfractaires forment le plus généralement des dépôts lenticulaires. Quand elles sont humides leur aspect est gras; elles se polissent par le frottement de l'ongle. Une fois sèches, elles deviennent dures et happent fortement à la langue. Leur coloration est variable avec la nature des corps étrangers qu'elles peuvent retenir; fréquemment elles sont grises, par suite de la présence de matières organiques.

Souvent elles possèdent une teinte légèrement rougeâtre. Ces argiles sont relativement homogènes et à grain fin.

Les argiles carbonifères schisteuses ne semblent que fort peu plastiques, mais broyées et malaxées avec de l'eau elles prennent de la plasticité. Les argiles réfractaires gagnent beaucoup à subir l'influence des intempéries.

Rarement les argiles peuvent être travaillées seules, ordinairement elles sont additionnées de dégraissants pour les amener à l'état de pâte façonnable.

Les dégraissants varient avec les fabrications. Les plus employés sont le ciment d'argile réfractaire et le graphite ou plombagine. Le sable siliceux est utilisable également, mais il est d'un usage moins bon que le ciment; le meilleur sable est le sable quartzeux.

L'introduction du ciment ne change pas la composition de la masse. Ce ciment provient soit de débris de produits réfractaires, soit d'argile spécialement cuite. Quand on prépare le ciment avec l'argile elle-même, on la cuit suffisamment, non seulement pour la déshydrater, mais aussi pour lui faire subir un certain retrait. On prend l'argile, soit sous forme de poudre, soit en fragments. Les appareils de chauffage sont parfois des moufles, mais on a recours aussi à des fours. On n'a pas établi de fours spéciaux pour cet usage; on utilise pour cette opération des fours simplement construits de manière à éviter le contact du combustible avec le ciment.

La composition de la masse varie beaucoup avec la nature des matières premières et la destination des objets à façonner. Le rôle du ciment est de donner à la masse une structure permettant la dilatation sans rupture. Les produits réfractaires, en effet, sont soumis à des changements brusques de température. On doit donc faire tendre tous ses efforts à assurer à la masse les propriétés voulues. Le ciment ne se prend pas toujours sous la même forme; indépendamment du rapport des quantités d'argile et du ciment, on est amené à employer des ciments de dimensions variables. Le ciment irrégulier est préférable au ciment rond, aussi se sert-on de préférence pour l'écrasement d'appareils ne donnant pas de grains ronds. En jetant un coup

d'œil sur les compositions des pâtes employées pour la confection de la gazetterie on voit que les compositions sont variables dans d'assez grandes limites, puisque le ciment y entre pour une quantité qui est comprise entre 25 à 60 pour 100.

Pour obtenir un bon mélange des produits on compose parfois la masse à sec, puis on procède au broyage. Cette opération se fait souvent au moulin à billes, après concassage dans un appareil qui réduit d'abord les gros morceaux en petits fragments (broyeur Vapart, par exemple). Les moulins à billes ont l'inconvénient de donner du ciment roulé; avec des meules on peut écraser le ciment et lui donner une forme plate ou en aiguilles moins régulières que le grain rond. Dans ce dernier cas on mélange alors les matières après broyage séparé. Une fois le mélange broyé, quel que soit le travail préliminaire, il n'y a plus qu'à procéder à l'humectage, puis à passer au malaxeur.

Le façonnage mécanique est peu employé. Les produits réfractaires sont toujours d'un prix relativement élevé par suite des soins à donner à la fabrication et du prix de revient des matières premières. L'économie de main-d'œuvre qui résulterait de la substitution du travail à la machine au travail à la main serait d'une faible importance dans la somme qui forme le prix de revient total.

Un bon façonnage, très soigné, a une grande importance; aussi a-t-on recours presque toujours au façonnage à la main ou au moule suivant la nature des pièces.

Dans la Grande-Bretagne, on peut citer des usines opérant d'une manière un peu plus spéciale [1].

Les procédés de fabrication de Glenboig sont assez différents de ceux usités sur le continent. Cela tient à la nature spéciale de la matière première employée, qui est en réalité une sorte de schiste houiller, appartenant au niveau du Millstone Grit, et non pas une argile franchement plastique, comme les argiles

---

[1] Lodin, *Rapport sur la Métallurgie à l'Exposition universelle de* 1900 et *Monit. scient.*, 1904, p. 864.

tertiaires qui alimentent la plupart des fabrications de produits réfractaires dans l'ouest du continent européen.

La couche de schiste houiller qualifié de *fire clay* a une épaisseur de 2^m à 3^m; elle est exploitée souterrainement, par piliers tournés. Une fois extraite, la matière est soumise à une désagrégation lente, sous l'action des agents atmosphériques, du moins lorsqu'elle est destinée à la fabrication de produits de qualité supérieure : cette opération permet le triage des nodules de pyrite ou de carbonate de fer, tout en facilitant le broyage.

La plus grande partie de la matière première est soumise directement à cette dernière opération, qui s'effectue au moyen de meules roulantes; elle est ensuite criblée. Les grains servent à la fabrication de la brique, les parties fines, à celle du mortier réfractaire. On n'introduit dans la pâte un élément dégraissant, argile cuite ou débris de produits réfractaires, que dans le cas de la fabrication de pièces de forme compliquée, pour lesquelles un fort retrait de cuisson serait une cause importante d'avaries et de rebuts. On estime au douzième des dimensions initiales le retrait subi par les briques fabriquées par cette méthode; l'élévation de ce chiffre explique la difficulté qu'on éprouve à obtenir des pièces de forme bien régulière et conforme à un type donné.

Le malaxage se fait sur la piste d'une meule roulante; la pâte est comprimée à la main, dans des moules en bronze pour les types courants, dans des moules en bois pour les modèles spéciaux. Le séchage est conduit rapidement, souvent en 24 heures seulement quand il s'agit de briques; la cuisson s'effectue dans un four continu, chauffé au gaz.

§ 1. — Briques.

Les briques réfractaires sont moulées à la main comme les briques ordinaires; nous venons de dire que le travail à la filière était moins fréquemment employé. Il ne s'agit plus ici de fournir beaucoup de briques, il faut d'abord livrer du matériel irréprochable, bien façonné. La production d'un briquetier employé au travail des produits réfractaires est moins élevée

que celle de l'ouvrier qui fait la brique ordinaire de construction.

La pâte qui sert à faire les briques réfractaires est faite d'argile plastique et de ciment; ce dernier est quelquefois additionné de quartzite broyée ou de sable quartzeux. Suivant la plasticité de la terre, la quantité de ciment à ajouter subit des variations du simple au double. Comme composition moyenne on peut prendre 1 d'argile et de 1 à 2 de ciment. Le ciment employé atteint parfois des dimensions appréciables (jusqu'à 2^{mm} dans certaines fabriques). Quand la pâte renferme en outre du sable quartzeux, on doit augmenter la quantité de matière plastique, autrement dit la substitution se fait aux dépens du ciment dont le rapport à la matière plastique diminue. D'après Bruno Kerl [1], voici trois compositions provenant de la fabrique de Saint-Léonard (Belgique) :

	I.	II.	III.
Argile réfractaire.............	31	25	38
Ciment d'argile	52	»	»
Ciment de briques....	»	56	62
Sable quartzeux..............	17	19	»

On fait aussi des briques réfractaires en employant de l'argile mélangée à du sable quartzeux. Les briques ainsi composées sont plus attaquables par les matières basiques que les précédentes.

Les argiles schisteuses, telles que celles de Stourbridge, Garnkirk, se travaillent bien à sec, au moyen de presses puissantes.

Les briques faites avec des pâtes humides sont rebattues, après dessiccation partielle, puis abandonnées à la dessiccation et cuites.

La cuisson des produits réfractaires s'effectue encore dans des fours à chauffage intermittent, construits sur un plan circulaire ou rectangulaire et munis d'un nombre variable de chauffes à grilles. La consommation de combustible est ordinairement de 20 à 25 pour 100 du poids des produits finis.

---

(1) *Die Thonwaaren Industrie*, p. 519.

Parmi les fours divers qui servent à cuire les briques réfractaires, nous citerons un dispositif adopté particulièrement simple. Le four est cylindrique, à axe vertical et muni de foyers sur sa périphérie. L'enfournement est mené de telle sorte que les gaz montent d'abord le long des parois, puis redescendent jusqu'à la sole où se trouve une cheminée centrale, faite, comme les autres canaux, avec les matériaux à cuire, qui conduit les flammes jusqu'à la voûte du four, au-dessous de la cheminée.

Le chauffage continu, avec récupération de la chaleur emportée par les gaz brûlés et de celle emmagasinée dans les produits finis, est appliqué depuis longtemps dans la fabrication des briques ordinaires. Il ne peut être appliqué sans modifications à la cuisson des produits réfractaires, car l'introduction directe du combustible pulvérulent dans les chambres de cuisson risquerait de nuire à la qualité des produits en recouvrant leur surface de cendres fusibles.

La gazéification du combustible permet d'éviter cet inconvénient, mais elle exige des dispositions relativement compliquées que les fabricants de produits réfractaires ont beaucoup hésité à adopter. Cependant, M. Henroz et la Glenboig Union Fire Clay Co font usage de fours continus, constitués par le groupement de deux séries parallèles de chambres. Reliées à leurs extrémités par des canaux souterrains, ces deux séries forment ensemble un circuit complet, analogue à celui du four Hoffmann-Licht.

Dans le four Henroz, elles sont accolées l'une à l'autre, séparées seulement par un canal longitudinal qui amène le gaz combustible fourni par les gazogènes. Ces gaz passent du collecteur central dans un des canaux secondaires de distribution, situés sur les reins des voûtes couvrant les chambres de cuisson. Chacun de ces canaux peut être mis en relation avec le collecteur central par la manœuvre d'un registre incliné, en terre réfractaire, démasquant un orifice de communication; il est muni, d'un seul côté, d'ouvreaux débouchant dans la partie supérieure des chambres.

La communication entre les chambres consécutives est établie par d'autres ouvreaux, placés au niveau du sol; elle peut être

fermée à volonté au moyen d'un registre en tôle épaisse que l'on glisse de l'extérieur dans une rainure correspondant au plan médian de chaque cloison.

Enfin, un autre registre permet de mettre à volonté chaque chambre en communication avec un collecteur de fumées, placé à l'extérieur du massif, immédiatement au-dessous du sol, et aboutissant à une cheminée.

Cet ensemble de dispositions permet de réaliser la récupération, un peu moins complètement, il est vrai, que dans le système Hoffmann-Licht. Avec un four à douze chambres, M. Henroz affirme avoir pu réduire la consommation de combustible à 10 pour 100 du poids des produits finis, tout en cuisant à une température très élevée.

Le four Dunnachie, en usage à Glenboig, présente des dispositions notablement plus compliquées. Les chambres sont au nombre de dix; elles forment deux séries parallèles, séparées par un intervalle de 6^m, qui sert à la fois de séchoir et de dépôt pour les produits en cours de chargement et de déchargement.

Le collecteur de gaz combustible se trouve dans l'axe longitudinal de l'appareil, au-dessous du niveau du sol; des soupapes à siège, en terre réfractaire, commandent les branchements latéraux aboutissant à la partie inférieure des chambres.

Au lieu de se développer par mélange progressif, dans l'intérieur de la chambre en cours de chauffage, comme dans le four Henroz, la combustion s'effectue dans un espace relativement restreint, vers un des angles inférieurs de cette chambre. Le gaz, sortant verticalement par une série d'ouvreaux, rencontre, à peu près à angle droit, l'air qui s'est échauffé par circulation sur les produits déjà cuits et qui est introduit par une autre série d'ouvreaux ménagés à la base de la cloison voisine. Un dispositif spécial permet de diriger au besoin une partie de l'air chaud vers une deuxième rangée d'ouvreaux, ménagée dans la même cloison, un peu au-dessous de la naissance de la voûte. Cette combinaison a pour but de régulariser éventuellement la distribution de la chaleur; on peut se demander si son emploi est bien justifié par une efficacité réelle.

L'évacuation des gaz brûlés s'effectue par un collecteur sou-

terrain placé à l'extérieur du massif, comme dans le four Henroz.

La consommation de combustible, nécessitée par la cuisson au moyen de l'appareil Dunnachie, n'était pas indiquée en chiffres absolus; elle varierait, dit-on, entre la moitié et le quart de ce qu'elle était avec les fours à travail discontinu. On peut présumer qu'elle est peu différente de celle réalisée avec l'appareil Henroz.

Outre l'économie réalisée sur le combustible, les fours continus chauffés au gaz ont l'avantage d'exiger moins de personnel, de rendre le travail moins pénible et de donner des produits de meilleure qualité à cause de la lenteur plus grande du séchage et du refroidissement après cuisson. Leur inconvénient principal est d'exiger un chiffre plus élevé de production pour donner de bons résultats (¹).

Le four utilisé dans l'usine de produits réfractaires du Creusot, à Perreuil, est un four continu à gaz à cuisson multiple. Il a dans ses grandes lignes l'aspect extérieur d'un four Hoffmann rond. Son diamètre extérieur est de 20^m. Il possède 14 chambres ayant comme dimensions : profondeur $2^m,90$, largeur $2^m,50$ et hauteur $2^m,60$; ce qui fait un cube de 19^m environ. Les compartiments sont séparés par des murs percés de trois ouvertures formant communication. Le gaz arrive sous la sole, dans le compartiment en feu, et pénètre par trois ouvertures verticales placées au-dessous des ouvertures faisant communiquer les chambres entre elles. Les produits de la combustion peuvent traverser les chambres suivantes au moyen des ouvertures que nous avons citées tout d'abord (²).

On fait encore, en Angleterre, des briques réfractaires très simplement. Dans le comté de Kent, à Sittingsbourne, on fabrique annuellement 70 millions de briques à la main et on les cuit dans des fours de campagne.

Les briques réfractaires servent à la construction des fours et des appareils devant résister à l'action d'une haute température. Les constructeurs sont obligés de faire des briques de

(¹) LODIN, *loc. cit.*

(²) LEFÈVRE, *La Céramique du bâtiment*, p. 243.

formats plus différents que les briques de construction. J'ai eu l'occasion de voir des blocs qui mesuraient $100^{cm} \times 40^{cm} \times 15^{cm}$.

Il ne faudrait pas attribuer à la composition chimique des pâtes une influence qu'elle ne possède pas; les types de briques dont nous donnons l'analyse renferment peu de bases capables d'amener la formation de silicates fusibles, mais le rapport de la silice à l'alumine présente de grandes variations :

	I.	II.
SiO^2	54,63	78,42
Al^2O^3	40,27	17,15
Fe^2O^3	2,67	1,30
MnO	»	traces
CaO	1,53	0,38
MgO	1,03	0,64
K^2O	»	1,57
Na^2O	»	

La première brique est de provenance anglaise, l'autre d'origine belge. Elles sont réfractaires, toutes deux renfermant une certaine quantité de fer; la seconde contient même 1,57 pour 100 d'alcali.

Le rapport $\frac{SiO^2}{Al^2O^3}$ est de 2,33 pour la première et de 7,7 pour la seconde. Il faut éviter d'introduire les éléments d'un silicate polybasique fusible, si l'on veut conserver à l'argile son peu de fusibilité, mais il faut se souvenir de l'influence de l'état moléculaire, car toutes les argiles ne sont pas comparables au point de vue physique.

La quantité d'oxydes autres que l'alumine que renferme une argile réfractaire peut atteindre quelques centièmes. On rencontre dans les argiles réfractaires des quantités de fer appréciables sans que pour cela les argiles aient leur résistance amoindrie. Le tableau suivant donne les quantités pour 100 d'oxydes capables de former des polysilicates alumineux fusibles, que contiennent quelques argiles réfractaires :

	I.	II.	III.	IV.
Fe^2O^3............	2,01	1,63	1,00	0,59
CaO.............	0,50	0,45	0,18	0,19
MgO............	0,11	0,26	0,50	0,14
K^2O.............	0,19	0,86	»	2,49
Na^2O............	0,23	0,33	»	0,68

Provenance : I. Dreux. — II. Mussidan. — III. Bornholm. — IV. Vallendar.

§ 2. — Creusets.

Les creusets ont à résister d'abord à une température élevée; ils doivent posséder une structure leur permettant de supporter la pression des corps qu'ils contiennent et d'être exposés, sans accident, à l'action désagrégeante résultant des réactions chimiques. Il est indispensable aussi qu'ils puissent subir des variations brusques de température. Ce résultat s'obtient par une composition convenable de la pâte. On ajoute à l'argile du ciment, mais ce ciment n'est choisi ni trop fin ni trop régulier. Pour atténuer l'action corrosive, on renforcera les parois et l'on composera la masse de telle sorte que les matières en fusion ne rencontrent pas de substances capables d'être rapidement attaquées par le contenu du creuset. Suivant la nature des substances le creuset devra donc contenir tel dégraissant de préférence à tel autre.

Comme dégraissant on emploie le ciment, le sable quartzeux et le carbone, tantôt à l'état de graphite, tantôt à l'état de coke. Pour la fusion des substances basiques le creuset de terre et de ciment donne satisfaction à la condition que l'argile employée ne soit pas trop siliceuse.

Nous venons de dire que le ciment n'était pas seul employé pour la confection des creusets; en effet, on se sert aussi de quartz et les creusets bien connus de Hesse sont un exemple de cette fabrication. Les creusets de Hesse sont faits avec de l'argile de Gross Almerode et du sable quartzeux, par parties égales. Certains creusets sont encore plus siliceux; à Klingenberg on emploie 5 parties de sable quartzeux contre 2 parties seulement d'argile.

L'addition de coke, de graphite donne d'excellents creusets que l'on utilise plus particulièrement pour les fusions des métaux et principalement de l'acier. Le carbone a d'abord une action réductrice, il donne ensuite de la solidité au creuset, car il n'est pas attaqué comme les matériaux siliceux ou alumineux. C'est le graphite qui donne les plus beaux produits, mais son prix élevé oblige quelquefois de sacrifier la solidité au bon marché; on le remplace alors par du coke.

La durée d'un creuset est liée à la qualité des matériaux dont il est formé; il résistera d'autant mieux que l'on aura choisi des substances plus pures pour le constituer. Toutefois, si l'on exagérait l'introduction de dégraissants dans la pâte, on diminuerait la solidité du creuset. C'est une considération dont il faut tenir compte quand il s'agit de creusets devant renfermer de grandes quantités de matières.

Fabrication des creusets de terre. — Quand on veut fondre des substances basiques le creuset de terre et ciment donne satisfaction. On sèche l'argile, on la trie, puis on l'écrase et on la tamise. Le ciment se prépare en cuisant de l'argile ou bien en utilisant des débris réfractaires. Le mélange une fois fait et amené à l'état de pâte par humidification, on procède au façonnage.

On façonne encore les creusets à la main et les creusets faits par ce procédé ont une réputation très appréciée.

Les petits creusets se tournent facilement; on fera au besoin jusqu'au creuset de $0^{m},35$ de hauteur, mais c'est une limite. Dans le tournage des creusets l'ouvrier doit avoir le soin de donner plus d'épaisseur au fond du creuset qu'à l'orifice. Les creusets de Hesse qui ont une forme triangulaire peuvent se faire sur le tour, car leur partie inférieure est de révolution. Quand le tourneur voit que les bords du creuset, d'abord tourné rond, ont pris de la consistance, il les presse avec ses doigts et les rapproche en trois points destinés à former les trois sommets du triangle.

Les dimensions du creuset ont été combinées souvent de manière à permettre leur introduction les uns dans les autres.

De cette manière ils ne prennent dans le four que le minimum de place.

Le moulage a été employé aussi à la confection des creusets de terre. Il est nécessaire dans ce procédé de préparer des croûtes.

Un très bon procédé de façonnage est le façonnage à la batte. L'ouvrier se sert pour cela d'un mandrin de bois figurant l'intérieur du creuset. Sur ce mandrin on applique une masse de terre, puis, avec une palette de bois ou *batte*, on frappe la terre de manière à lui donner, en même temps que la forme extérieure convenable, une surface bien unie. Quand le creuset est terminé, il est mis à sécher jusqu'à ce qu'il ait pris un peu de consistance. Arrivé à ce moment on le place sur le mandrin une seconde fois et on le frappe avec la batte pour resserrer à nouveau la pâte.

Par coulage on a pu préparer de petits creusets.

Les grands creusets ne se prêtent pas aux modes de façonnage précédents, mais il est possible de les obtenir au moyen de colombins que l'on applique les uns sur les autres. On opère soit avec un moule, soit à la main. Nous reparlerons de ceci à propos des pots de verriers.

La fabrication mécanique est employée également dans la confection des creusets. La presse à creusets comprend un plateau horizontal, auquel on peut communiquer un mouvement de rotation autour de son centre, par l'aide d'un engrenage et d'une manivelle. Sur ce plateau on pose un moule correspondant au creuset, et dans ce moule on peut faire descendre une pièce formée de deux parties et ayant comme dimension et forme la concavité du creuset. Pour faire un creuset on jette de la terre dans le moule et l'on fait descendre la pièce mobile. On rend plus énergique l'action de cet organe au moyen d'une vis qui vient séparer les deux parties et augmenter la pression. Un rebord réservé à la partie supérieure de cette pièce maintient l'argile et la comprime dans le moule. On démoule en appuyant sur une pédale qui fait se relever la partie du fond du moule sur lequel repose le creuset.

Les opinions diffèrent sur la valeur du façonnage des creusets;

mais, en général, on accorde la meilleure qualité aux produits faits à la batte.

Les creusets secs s'enfournent en charge.

La cuisson que l'on donne aux creusets n'est pas la même dans toutes les fabrications. Les creusets de Hesse sont fortement chauffés tandis que d'autres présentent une texture analogue à celle des terres cuites ordinaires.

Fabrication des creusets de plombagine. — D'après Braun (¹) la fabrication des creusets à fondre l'acier s'opère de la manière suivante dans les fabriques allemandes et autrichiennes.

Les matières premières auxquelles on a recours sont : le graphite, l'argile et le ciment d'argile. Ces matériaux sont broyés à la meule, puis tamisés. Les proportions des composants du mélange varient avec la dureté de l'acier. Les deux compositions suivantes ont rapport, la première aux aciers durs, la seconde aux aciers doux :

	I.	II.
Graphite	50	40
Argile	36	38
Ciment	10	22

La masse est mélangée à la main, puis humidifiée avec de l'eau jusqu'à ce qu'elle soit bien maniable; on la laisse alors reposer pendant 24 heures.

Les petites entreprises façonnent à la main leurs creusets; dans les grandes installations c'est au travail mécanique que l'on a recours. La pâte traverse trois fois un malaxeur; à la troisième sortie on la coupe en ballons d'environ 13^{kg}. Ces ballons sont posés sur une table recouverte de poudre de graphite afin d'éviter l'adhérence de la pâte à la table. On introduit ensuite la pâte dans une presse à creusets et l'on donne la pression. On démoule et l'on fait le rebord du creuset au moyen d'un anneau. Avec deux presses l'on peut faire jusqu'à 650 pièces en 24 heures.

Les creusets, après le façonnage, sont placés dans un séchoir

(¹) *Thonindustrie Zeitung*, 1900, p. 1655.

à 20° où ils restent de 5 à 6 jours. Après ce commencement de dessiccation, on porte les creusets dans un second séchoir où la température est plus élevée (45° à 50°); les pièces y séjournent alors de 50 à 60 jours. A la sortie du séchoir les creusets sont bons pour l'usage.

Dans le bassin de la Loire l'on se sert de creusets faits avec les terres réfractaires de Mussidan, de Baignol (Haute-Vienne). Les creusets de la fabrique de Pont-Saint-Esprit (Salavas) sont estimés.

Les matériaux employés pour cette fabrication sont la plombagine, l'argile réfractaire et du ciment. L'argile employée pour faire le ciment est une argile de bonne qualité, réfractaire. Elle est pulvérisée, après dessiccation et élimination des impuretés. La pulvérisation s'opère au moyen d'une paire de meules. On passe l'argile au tamis 18 (50 mailles au centimètre carré). La poudre ainsi obtenue est humidifiée et moulée de manière à obtenir des plaques de $120^{mm} \times 110^{mm} \times 55^{mm}$. Ces plaques sont séchées lentement puis cuites dans des fours. On brise alors les plaques, on les écrase et on les passe au même tamis 18.

On mélange le ciment à l'argile dans le rapport de 7 à 6 et l'on ajoute, après, 4 parties de plombagine, 1 partie de débris de creusets et 1 partie de coke.

On tamise d'abord les matières puis on les mélange à sec. On mouille la masse et on l'abandonne au repos pour que l'eau pénètre bien tout le mélange. Une fois la pâte ainsi préparée on la passe au malaxeur.

On fait le travail ordinairement sur une masse suffisante pour la confection de vingt-cinq creusets d'un poids moyen de 20^{kg} et l'on malaxe pendant 2 heures. La masse sort de l'appareil en blocs de 32^{kg} qu'on laisse reposer pendant un mois. Après ce laps de temps la masse s'est un peu desséchée, on la repasse dans le malaxeur puis on l'envoie au façonnage.

Les creusets sont alors moulés sur une forme huilée, pour en opérer plus facilement la séparation. Une fois terminés les creusets sont abandonnés à la dessiccation dans un séchoir à 50° où ils séjournent pendant 3 mois. Un deuxième séchoir

reçoit le creuset jusqu'au moment de l'emploi. Quand ce moment est venu on porte les creusets au four par groupes de 16 et on les cuit vers 700° (1).

Les creusets de plombagine faits dans la Hesse contiennent $\frac{1}{3}$ d'argile de Gross Almerode, $\frac{1}{3}$ de sable quartzeux et $\frac{1}{3}$ de graphite de Passau. Ce sont des creusets sans ciment.

Pots de verriers. — Les creusets employés dans la verrerie sont soumis à des températures élevées pendant une longue durée; ils nécessitent une fabrication très soignée, aussi les verriers les confectionnent-ils eux-mêmes.

La pâte est faite avec une argile refractaire dégraissée avec du ciment provenant de vieux pots brisés. On indique aussi d'ajouter du ciment neuf provenant d'argile cuite.

Voici une composition indiquée par Benrath (2).

Argile	4
Ciment d'argile	6
Débris de pots	3

Les matières sont broyées finement; elles doivent traverser un tamis de 80 à 90 mailles au centimètre carré. On humecte le mélange et on le laisse s'imbiber d'eau. Après malaxage, on procède au façonnage qui s'effectue à l'aide d'un moule et de colombins, ou sans moule au colombin. On place au fond du moule une toile mouillée que l'on colle bien à l'intérieur le long des parois. Ceci fait on pose au fond un colombin, on le tourne sur lui-même et on le soude en le pressant et le foulant de manière à lui faire former un seul morceau. On reprend un autre colombin qu'on applique de même et l'on continue jusqu'à ce que le fond soit complètement garni. On monte ensuite les parois et l'on presse contre le moule la terre afin de la tasser. On passe, quand le creuset est façonné jusqu'au bord, une éponge mouillée pour lisser les parois, puis on abandonne au repos. Ce n'est qu'au bout d'une semaine environ que l'on

(1) *Thonindustrie Zeitung*, 1900, n° 134, p. 1867-1869.

(2) Benrath, *Die Glasfabrikation*, p. 85.

peut enlever le moule. Comme ce moule est fait en plusieurs morceaux, assemblés et réunis au moyen de cercles, on dégage d'abord les parois; ce n'est qu'après un raffermissement plus accentué que l'on peut enlever le fond. Il faut, en effet, pour cette dernière opération que le creuset ait assez de consistance pour supporter le transport sur un autre support.

Le façonnage au colombin sans moule est beaucoup plus délicat que le précédent. En effet, l'ouvrier n'a d'autre support pour presser la pâte que la main qui lui reste libre.

On commence par former le fond du creuset et pour cela on applique les colombins sur un rondeau de bois. Ensuite on élève les parois; mais, cette fois, c'est la main gauche de l'ouvrier qui remplace le moule.

Pour travailler au colombin, il est commode de poser les colombins sur des surfaces préalablement enduites d'une couche d'un ciment pulvérisé. Comme la pâte est grasse, on évite les adhérences de la pâte à tous les objets avec lesquels elle s'est trouvée en contact.

La dessiccation des creusets demande beaucoup de soins si l'on veut obtenir un bon rendement. Comme la masse est épaisse et tassée, le mieux est d'opérer lentement en évitant de placer les creusets au soleil. Ce n'est qu'après une dessiccation prolongée dans une chambre à température égale que l'on peut porter les creusets dans des séchoirs plus énergiques.

Tout récemment [1], on vient d'expérimenter le coulage pour fabriquer les pots de verriers.

On introduit dans un cylindre horizontal, disposé comme un blutoir, le mélange d'argile et de ciment. La matière tombe, à l'état de finesse voulue, dans un silo dans lequel se meut une vis. La masse est alors poussée vers les godets d'une chaîne qui enlève le mélange et vient le verser dans un récipient. Un agitateur tournant dans ce récipient, rempli au préalable de la quantité d'eau alcalinisée nécessaire, vient remuer le tout et amener la masse à l'état de bouillie suffisamment homogène. Une fois le mélange opéré, il n'y a plus qu'à laisser couler cette barbo-

---

[1] *Sprechsaal*, 1905, p. 123.

tine épaisse dans le moule du creuset et à remplir ce dernier. Une fois le moule plein de barbotine, on arrête l'arrivée du liquide et l'on emmène le moule et son contenu. Le moule contient une pièce additionnelle, un noyau qui représente la cavité du creuset.

Au bout de 24 heures, la masse a pris assez de consistance pour que l'on puisse enlever le noyau sans accident. Le jour suivant on procède à l'enlèvement du moule extérieur.

Ce procédé, mis en pratique par les *Glashütten Werke Leonhardi*, à Schwepnitz, donne de très bons résultats, supérieurs au travail à la main. Il est très expéditif. Le coulage d'un pot devant contenir 200^{kg} à 225^{kg} de verre demande de 45 minutes à 1 heure.

§ 3. — Cornues a gaz.

Les cornues qui servent à la préparation du gaz d'éclairage doivent être d'une qualité particulièrement satisfaisante. En outre de la dépense occasionnée par la rupture d'une cornue il faut compter la perturbation apportée dans la fabrication par un semblable accident. Il y a donc lieu d'apporter au façonnage de ces pièces un très grand soin afin de leur assurer une durée convenable.

La fabrication présente d'abord une première difficulté due à la dimension et au poids de la cornue. Certaines cornues des usines à gaz modernes pèsent jusqu'à 1500^{kg} et mesurent 3^{m} de longueur.

Voici, d'après Seger [1], quelques détails sur le mode de façonnage suivi à Berlin.

On a recours à deux argiles pour constituer l'élément plastique de la pâte : l'une est une terre kaolinique de Halle, l'autre une argile provenant du Nassau. Ces deux matières sont toutes deux éminemment réfractaires.

Les terres sont complètement séchées à l'air, puis écrasées entre deux cylindres et tamisées. La poudre ainsi obtenue est mouillée avec de l'eau chaude de manière à faire une bouillie

(1) *Thonindustrie Zeitung*, 1871, p. 342, et *Seger's Schriften*, p. 752.

claire que l'on agite avec des palettes de bois. Quand toute la masse forme une bouillie homogène on ajoute le ciment. Ce ciment provient de matériaux réfractaires ayant été fortement chauffés, tels que des briques de ciment, des débris de cornues ou de gazettes provenant de la fabrication de la porcelaine. Il est important, quand on a recours à la gazetterie brisée comme ciment, de débarrasser soigneusement les morceaux de toute trace de scories et d'impuretés capables de jouer le rôle de fondants dans la masse. On prend ce ciment en gros grains et, pour l'obtenir à l'état de grosseur voulue, on ne met dans la pâte que ce qui passe entre deux tamis, dont l'un a des mailles de 3^{mm} de longueur et l'autre des mailles d'environ 1^{cm^2} de superficie. Tout ce qui passe dans le premier tamis est rejeté comme trop fin et les morceaux qui ne traversent pas le second tamis sont mis de côté comme trop gros. La forme du grain du tamis a aussi son importance; il faut que le ciment soit en forme d'éclats à arêtes vives si l'on veut obtenir une bonne adhérence du ciment à la matière plastique. Avec une substance comme le sable quartzeux ce résultat ne pourrait être obtenu, car, en cet état, la silice se présente sous forme de grains ronds à surface polie. Un moulin formé d'une paire de cylindres écartés de 1^{cm} donne le genre de grain désiré. On reçoit la poudre d'abord sur le gros tamis, qui sépare les gros morceaux, puis sur le second, qui débarrasse le ciment moulu de la poussière trop fine. Le ciment est alors en morceaux dont la grosseur varie depuis celle d'une tête d'épingle jusqu'à celle d'un pois.

La pâte est composée alors avec

Argile de Halle	25
Argile de Nassau	12,5
Ciment	62,5

Le ciment est formé d'un mélange de 4 parties de ciment gros comme un pois et 1 partie de ciment fin.

On étale les matériaux en couche mince, puis on les arrose et, lorsque l'eau est suffisamment absorbée, on passe la masse au malaxeur. La pâte, pour subir le travail d'homogénisation qu'amène le malaxage, doit être molle. Pour le travail ultérieur

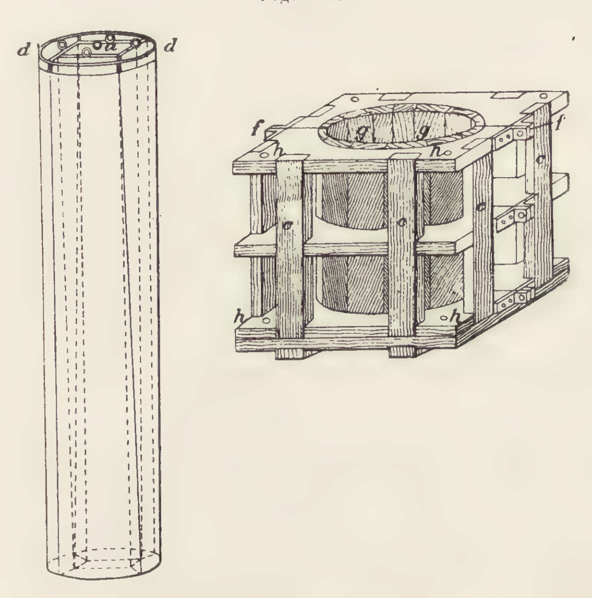
du façonnage on n'emploie pas une pâte aussi plastique; par dessiccation on l'amène à perdre de l'eau et, par suite, à prendre de la dureté. On place alors la pâte sortant du malaxeur sur une surface carrelée, sous laquelle passe un courant de vapeur; l'évaporation se produit alors et on la laisse se prolonger jusqu'au moment où la masse se laisse encore presser. Cette pâte, qui n'a plus qu'une faible plasticité, est alors mise en ballons. On arrive à lui donner cette forme en la pressant fortement et en la battant. Une fois ceci terminé, on assemble les ballons les uns à côté des autres, on en fait un tas en posant des rangs les uns sur les autres; ce tas occupe une surface d'environ 1^{m^2} et a une hauteur de 1^m. Si certaines parties semblent un peu sèches, on les arrose avec un peu d'eau. On fait ensuite de cette pile de ballons de terre une masse homogène en la frappant avec de lourds battoirs de bois. Avec des linges mouillés on recouvre le bloc de terre; on maintient ainsi une humidité régulière suffisante dans toute la masse. La terre ainsi préparée est abandonnée au repos pendant 1 ou 2 jours.

La pâte n'a qu'une faible plasticité. On la découpe en tranches de 1^{cm} à 2^{cm} d'épaisseur que l'on écrase à la main pour les introduire dans le moule. Ce dernier se compose d'un noyau de bois, formé de plusieurs morceaux *d* assemblés autour d'une âme centrale *a* et d'une enveloppe formée de deux parties que l'on peut maintenir solidement à l'aide d'armatures de fer que l'on réunit au moyen de boulons en *f*. Le noyau et l'enveloppe ont une forme déterminée par celle de la cornue. L'espace qui reste vide entre le noyau et son enveloppe (6^{cm} à 7^{cm}) correspond à l'épaisseur de la cornue. Comme l'enveloppe aurait un poids considérable, si on la formait seulement de deux morceaux, on la compose d'une série de fragments échafaudés les uns sur les autres. L'enveloppe est alors constituée par une série de pièces identiques à celles que représente la figure. Leur mode de construction permet facilement de les superposer.

Pour faire une cornue on commence par placer une enveloppe sur une surface unie. On dépose alors une couche de pâte et on la tasse au moyen d'une masse de fonte pesant 25^{kg}. Cette masse n'a pas une surface unie, la partie qui repose sur la pâte

est striée de manière à présenter une série de petites pyramides. Après ce premier travail on unit le fond en frappant avec une masse à tête unie. On donne à ce fond 7^{cm} à 8^{cm} d'épaisseur. On descend alors le noyau dans l'enveloppe, puis une fois qu'il est centré on tasse la terre tout autour avec une masse, plus petite que la première, mais ayant une face garnie de dents. Une fois que la paroi est arrivée à la hauteur de la première enveloppe, on en dispose une deuxième au-dessus de la première et l'on continue le même travail jusqu'à ce que l'on soit arrivé en haut

Fig. 193.



de la cornue. A ce moment on place un moule spécial pour faire les rebords de la cornue, bords qui reçoivent les trous qui servent à fixer la garniture de métal.

Grâce à la construction du noyau le démoulage peut s'opérer facilement. On enlève d'abord l'âme au moyen d'une poulie, puis successivement les diverses pièces formant le noyau. On place alors horizontalement le système du moule et de la cornue et au moyen d'une voiture spéciale on le porte dans un local où il commence à se dessécher. Avant la dessiccation il faut pro-

céder au réparage. L'intérieur de la cornue, tout soigné qu'ait été le façonnage, peut présenter des irrégularités; un ouvrier, couché sur une planche, entre alors dans l'intérieur et, allant du fond à la sortie, bouche tous les manques avec un mortier fait avec 4 parties de ciment fin et 1 partie d'argile; il unit ensuite la surface avec une plaque de fer poli.

Ce dernier travail fini on laisse reposer la cornue pendant 8 heures; le moule peut alors être enlevé sans inconvénient.

Ce procédé de fabrication, qui demande des ouvriers exercés et du soin, a été l'objet de recherches pour en obtenir la simplification. Une solution du problème, dans ce cas particulier, a été donnée, il y a près de 20 ans, par la Société française anonyme pour la fabrication mécanique des cornues à gaz, à Ivry-Port (Seine); la machine employée par cette Société repose sur le principe de l'étirage de la pâte à la filière avec soudure d'un fond rapporté. A Andennes (Belgique) on se sert d'un appareil actionné par une presse hydraulique. Le fond est obtenu par pression à 120^{atm}, puis on élève les parois et on les presse.

Une masse aussi importante qu'une cornue à gaz demande à être séchée avec le plus grand soin. On a essayé divers dispositifs pour obtenir une dessiccation sûre et plus rapide que le séchage à l'air ou dans des séchoirs faiblement chauffés. Une fois séchées les cornues sont portées au four. Pour leur donner de l'imperméabilité aux gaz, on peut leur appliquer une couche d'un mélange de feldspath et de gypse finement pulvérisé. Il se produit ainsi une glaçure qui bouche les pores. Le four indiqué par Seger pour la cuisson des cornues est un four cylindrique à axe vertical à deux étages dont le laboratoire seul sert à cuire les cornues. Un four de 4^m de diamètre peut contenir de 24 à 25 cornues. On pose les cornues verticalement, reposant sur une couche épaisse de ciment.

Dans le four que nous citons, on utilise les espaces restés vides pour placer des objets de moindres dimensions. La cuisson se conduit lentement; elle dure de 70 à 80 heures.

Cornues à zinc. — Dans le procédé belge, on se sert de tubes en terre réfractaire ayant parfois $1^m,10$ de longueur et $0^m,15$ de

diamètre. Ces cylindres se font à la main ou à la machine. A la main on emploie un mode de façonnage analogue au précédent en se servant d'un moule formé d'un noyau et de son manteau ou bien on moule un bloc de pâte dans une enveloppe cylindrique et l'on creuse l'intérieur du tube en foulant la terre et la pressant sur les parois. Le travail à la main peut être remplacé par le travail mécanique. La machine presse un cylindre creux de terre avec un fond ou bien fournit des tubes auxquels on ajoute un fond.

Voici une manière de procéder mécaniquement [1].

Le mélange d'argile et de ciment, convenablement malaxé, est d'abord pilonné de manière à former un boudin cylindrique d'un volume convenable. L'appareil employé consiste en un tube vertical de fonte à parois épaisses, dans l'intérienr duquel peut se mouvoir un piston hydraulique maintenu par une pression d'eau. Directement au-dessus de ce tube se trouve placé un lourd bocard mécanique dont la course est limitée à l'orifice du tube. La caisse où entre le piston hydraulique est munie d'une soupape qui permet l'échappement de l'eau lorsque la pression dépasse une certaine limite. Le piston étant amené jusqu'à l'orifice supérieur du tube, on recouvre le piston de morceaux de terre préparée et l'on fait battre le piston en rajoutant de la terre à mesure que celle-ci s'enfonce dans l'intérieur du tube en refoulant sous chaque coup le piston hydraulique. Lorsque la quantité de terre ainsi battue est suffisante, on arrête la marche du pilon et l'on refoule le boudin ainsi formé dans le tube en donnant une pression d'eau suffisante sous le piston.

L'appareil de moulage proprement dit se compose d'un tube vertical très résistant en fonte, dont la section intérieure est la même que celle du vase, tube ou moufle que l'on doit fabriquer. La partie supérieure de ce tube en fonte peut être fermée par un obturateur formé d'une plaque en fonte, qu'on peut y fixer solidement par deux clavettes. A l'intérieur de ce tube peuvent se mouvoir deux pistons hydrauliques. La tête de l'un d'eux est formée par un tube qui s'emboîte exactement dans le tube exté-

---

[1] *Dictionnaire de Würtz*, t. III, p. 774.

rieur et dont l'épaisseur est égale, suivant chaque génératrice, à celle du vase à mouler. La tête de l'autre piston a pour section le vide intérieur du tube précédent, c'est-à-dire les dimensions intérieures du moufle ou du tube en terre. Les deux pistons étant en haut de leur course, il reste entre les surfaces planes qui les terminent et l'obturateur un vide égal à l'épaisseur du fond du vase à mouler.

L'appareil étant ouvert, on fait descendre d'une quantité convenable l'ensemble des deux pistons et l'on introduit dans le tube le boudin précédemment préparé; on fixe alors l'obturateur et, en manœuvrant les robinets de pression hydraulique, l'on fait monter les deux pistons ensemble de façon à comprimer fortement le bloc de terre. On augmente alors la pression sous le piston intérieur qui entre dans le bloc de terre en y creusant le vide intérieur du vase et refoulant la matière qui, ne trouvant pas d'issue, refoule elle-même le piston annulaire en prenant la place qu'il occupait. Le vase se trouve ainsi moulé par compression dans l'espace compris entre l'obturateur, la tête du piston intérieur et la paroi du tube extérieur. On enlève alors l'obturateur et l'on refoule au dehors le vase formé en faisant monter le piston annulaire. On coupe ensuite le vase et on le porte au séchoir. Ordinairement, ces cornues sont vernies intérieurement au sel marin que l'on applique en solution concentrée avant cuisson.

La dessiccation des pièces, après le façonnage, doit se faire lentement et progressivement; elle dure de 2 à 3 mois. La cuisson se fait à une température qui doit être aussi élevée que celle que les tubes sont appelés à supporter.

Les moufles du procédé silésien se font à la main en collant des plaques de terre de forme convenable et en s'aidant au besoin d'une forme.

Par l'emploi d'une machine à filière appropriée on fait également des tubes et des moufles. Il est nécessaire pour les terminer de leur coller un fond.

§ 4. — Gazetterie.

La fabrication de la gazetterie a une grande importance pour les industries qui sont obligées de faire leur enfournement en gazettes.

Les gazettes ont à fournir un bon usage pendant la cuisson. Il est nécessaire qu'elles supportent l'action du feu pendant toute la durée de la cuisson sans se rompre ou, au moins, sans présenter de ruptures graves. La chute d'une pile de gazettes peut entraîner des dégâts considérables dans un four. Toutes les pièces qu'elles renferment sont brisées ou hors d'usage, par suite de la chute de débris qui les souillent, sans compter qu'une chute de ce genre peut en entraîner d'autres.

Les compositions des pâtes destinées à la gazetterie varient, non seulement avec les terres qui servent à les confectionner, mais aussi avec la nature des pièces de la gazetterie.

Voici, à titre d'exemple, des mélanges employés pour la confection de la gazetterie à Sèvres :

Étuis.

Terre de Provins	30
» de Sézanne	20
Ciment n° 3	50

Cerces épaisses.

Argile de Dreux	40
Ciment n° 2	60

Rondeaux à couvrir.

Argile de Dreux	21
» de Retourneloup	21
Ciment très gros	58

Le ciment n° 2 passe au tamis 12.

Le ciment n° 3 passe au tamis 8.

Brongniart a indiqué également :

	I.	II.	III.
Argile plastique	40	40	40
Ciment n° 3	60	»	»
» n° 2	»	60	»
» n° 1	»	»	30
Sable quartzeux	»	»	30

I.	Cerces à fond plein
II.	Cerces à talon
III	Rondeaux

Ces mélanges sont cités par Brongniart comme représentant les compositions usitées à la manufacture de Sèvres en 1844. Les ciments qu'il indique sont ceux de la gazetterie elle-même. Les nos 1, 2 et 3 passent respectivement dans des tamis de 196, 16 et 4 mailles au centimètre carré. Nous avons cité plus haut des mélanges employés plus récemment.

A Sèvres l'argile est brisée dans un moulin à noix ; le ciment est broyé dans un moulin à meules horizontales. Le premier appareil comprend une cuve en fonte dans laquelle tourne une noix. Avant de s'engager entre la noix et la paroi du moulin, l'argile a subi le choc d'armatures placées tant sur la périphérie que sur la noix. Les chocs brisent les mottes en menus fragments, qui s'engagent ensuite entre les dents de la noix et la cuve.

La gazetterie comprend un certain nombres de pièces qu'il est bon de définir avant d'aller plus avant. Sous le nom de *cerce* l'on désigne un anneau de terre cuite. Les cerces servent à construire des piles dans lesquelles on enferme la poterie à cuire. Les cerces ont quelquefois un fond, on les appelle alors *cerces à fond plat*. La *cerce à cul-de-lampe* diffère des précédentes par la forme de son fond qui s'abaisse en forme de calotte sphérique. La cerce à cul-de-lampe est percée en son milieu. Quelquefois les cerces ont un rebord intérieur, ce sont les *cerces à talons*.

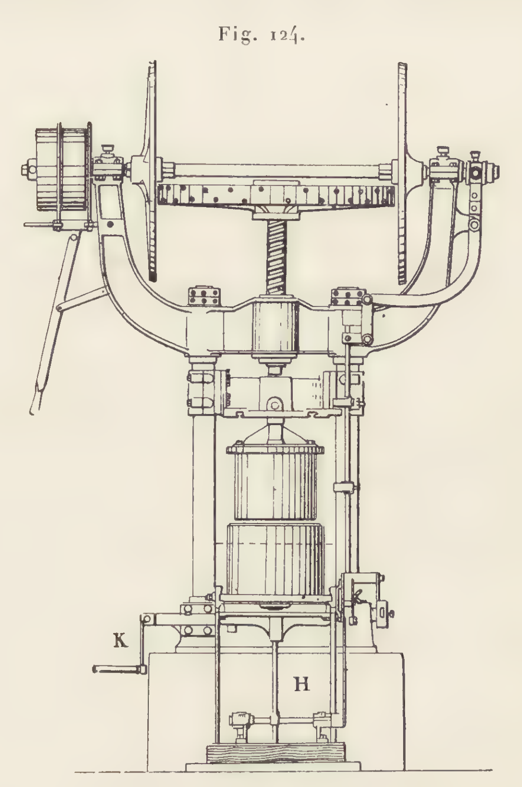
Les gazettes ont aussi quelquefois une forme ovale.

Les rondeaux sont placés dans les piles de gazetterie pour former des planchers destinés à supporter les objets.

Dans la faïencerie, on se sert de gazetterie ayant souvent une forme un peu différente. La section est rectangulaire au lieu d'être circulaire. Ces gazettes sont utilisées aussi dans d'autres fabrications.

La cerce se fait au tour; c'est encore le meilleur mode de façonnage à adopter pour obtenir une bonne gazetterie. On la

Fig. 124.



tourne sur un rondeau de plâtre. Dans l'industrie, on emploie pour aller vite le moulage à la crapaudine, c'est-à-dire que l'on fait l'intérieur de la cerce au moyen d'un calibre reposant au centre du rondeau qui supporte la cerce. Ordinairement, on appuie la pâte sur une cerce de plâtre extérieure et l'on calibre l'intérieur par le procédé précédent.

Les fonds peuvent s'ajouter par collage si les cerces doivent en avoir un.

La gazetterie ovale se moule.

On a cherché à obtenir la gazetterie mécaniquement. Au moyen de la presse, on peut facilement faire des gazettes à fond plat en beaucoup moins de temps que par le façonnage à la main. La presse comprend un moule de section appropriée au genre de gazettes que l'on désire faire. Ce moule n'a pas de fond, il est posé sur une plaque de métal, solidement supportée, sur laquelle il peut glisser. Dans ce moule descend un piston dont le volume représente la cavité de la gazette. Pour faire une gazette on jette dans le moule une balle de terre, puis on exerce la poussée. La terre s'écrase et vient s'étaler le long des parois. On relève le piston et l'on pousse le moule, dont on a ébarbé les bords, sur une plate-forme mobile. On abaisse alors la plate-forme et la gazette descend pendant que le moule reste suspendu. Il n'y a plus qu'à remettre le moule en place et à recommencer la même suite d'opérations. Une semblable presse fait environ une gazette à la minute.

La gazetterie à la presse n'est guère employée que par les faïenciers. Les avis sont partagés sur sa valeur, pourtant on semble plutôt reconnaître qu'elle est inférieure à la gazetterie tournée.

La gazetterie ne se cuit pas complètement. Les porcelainiers la dégourdissent dans le globe de leur four avant de l'employer.

§ 5. — Pipes.

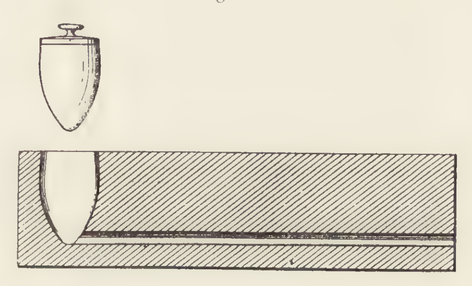
Quoique les pipes n'aient jamais à supporter des températures élevées, elles sont faites avec des argiles réfractaires. Leur place est plutôt à côté des produits fabriqués avec ces mêmes argiles.

Les pipes sont, en général, blanches, aussi a-t-on recours pour composer leur pâte à des argiles réfractaires cuisant blanc. Ces argiles sont lavées pour les débarrasser des impuretés qui les accompagnent, puis raffermies au filtre-presse. La pâte est faite avec l'argile seule. Ces détails indiquent que l'argile employée est peu plastique, car il n'est pas possible de traiter par le filtre-presse une argile très plastique sans addition d'aucun autre élément. Le façonnage d'une argile plastique présenterait

également des difficultés si l'on supprimait tout corps dégraissant. Ces sortes d'argiles, utilisées pour faire les pipes, portent le nom caractéristique de *terres de pipes*.

Le façonnage s'opère de la manière suivante : on commence par ébaucher grossièrement la pipe à la main (en terme de métier on désigne ces ébauches sous le nom de *roles*) et on l'introduit dans un moule en deux morceaux. On a eu le soin de placer dans le tuyau un fil d'acier avant d'engager la pipe dans le moule. Une fois les deux parties du moule au contact, on les serre au moyen d'une petite presse. On entre alors un mandrin dans la partie du moule où doit se faire le fourneau et l'on pousse le fil d'acier jusqu'à ce qu'il vienne au contact du

Fig. 125.



mandrin. La pipe est laissée dans le moule quelque temps puis portée au séchoir après démoulage.

Une fois devenues plus consistantes les pipes passent entre les mains de la *trameuse* qui les ébarbe, passe un fil de fer dans les tuyaux et les marque. Il faut ensuite frotter les pipes à l'agate pour les polir et faire disparaître toute trace de grattage ou d'éraflure.

On cuit les pipes dans des gazettes. Ces gazettes sont de simples pots en terre réfractaire. Pour maintenir les tuyaux on les passe dans un anneau de terre réfractaire.

La cuisson se fait dans des fours rectangulaires qui rappellent beaucoup les fours à briques voûtés. On cuit en réducteur; une cuisson dure de 16 à 18 heures.

Les pipes sortant du four sont trempées dans un bain de gélatine et de savon blanc. Cette préparation les empêche de happer

à la lèvre et de donner un contact désagréable dans la bouche. On frotte les pipes encore une fois pour leur donner du brillant.

Pour faire des pipes noires on a recours à des argiles ferrugineuses. Les pipes noires s'obtiennent en cuisant en moufles avec de la sciure de bois; cette imprégnation de la terre par le charbon divisé réussit principalement avec les terres ferrugineuses.

Certaines pipes qui se culottent très facilement doivent leur rapide noircissement à la présence de minimes quantités d'un sel d'argent. On appelle souvent ces pipes *pipes magnétiques*.

On peut orner les pipes de couleurs et d'émaux; la cuisson de ces préparations se fait en moufles.

La fabrication des pipes n'est pas conduite partout de la même manière, il faut considérer les renseignements donnés plus haut comme un type de fabrication et non comme l'ensemble de la fabrication.

§ 6. — Fourneaux et accessoires de laboratoire.

Les fourneaux dits *à réverbère, à bassine, à tubes, à queue,* etc., sont faits avec des argiles réfractaires. Leur fabrication est relativement simple. Elle consiste, pour les pièces cylindriques ou coniques, à tourner une pièce ayant la forme du corps principal dans laquelle on pratique les ouvertures nécessaires et à laquelle on colle les pièces accessoires comme les oreilles, queues, etc. (1).

§ 7. — Produits réfractaires basiques.

Les produits réfractaires basiques ne se relient qu'indirectement à la Céramique. Nous croyons pourtant intéresser nos lecteurs en reproduisant quelques détails empruntés au rapport de M. Lodin, déjà cité.

---

(1) On trouve dans le *Dictionnaire de l'Encyclopédie*, 1771, une série de planches donnant tous les détails de la fabrication d'un petit fourneau de terre. Les potiers de terre actuels suivent encore les mêmes manœuvres (t. VIII, *Pl. II*, *fig.* 1 à 13, Fabrication des fourneaux chimiques).

« Le développement des variantes diverses de la déphosphoration a créé l'industrie des produits réfractaires basiques. Ces produits sont, les uns à base dolomitique, les autres à base magnésienne, mais les principes généraux de leur fabrication sont les mêmes. La dolomie ou le carbonate de magnésie sont calcinés à une température extrêmement élevée, de manière à épuiser aussi complètement que possible leur faculté de contraction. Ce frittage ne peut être réalisé convenablement que si la matière contient quelques centièmes d'impuretés, soit un peu de silice, soit plutôt de l'alumine et de l'oxyde de fer. La matière frittée est broyée, agglomérée au moyen d'une matière plastique convenablement choisie, moulée sous sa forme définitive et enfin cuite à une température convenable. Pour la dolomie frittée, on ne saurait employer comme agglomérant une pâte délayée dans de l'eau : le contact de ce liquide provoquerait son délitement. On a donc recours ordinairement à l'emploi du goudron bien déshydraté; la cuisson du produit moulé se réduit à un étuvage poussé jusqu'à une température de 800° à 900°. A cette température, la distillation des matières volatiles du goudron est à peu près complète et le coke qui en constitue le résidu est assez solide pour agglomérer convenablement les grains dolomitiques.

» Pour la magnésie, on emploie parfois le goudron comme agglomérant, dans les mêmes conditions que pour la dolomie. D'autres fois, on se sert d'une pâte formée de magnésie faiblement calcinée, broyée avec de l'eau : cette formule, inapplicable avec la dolomie, peut être adoptée pour l'agglomération de la magnésie qui, une fois bien frittée, ne présente que fort peu de tendance à s'hydrater.

» La magnésie présente, par rapport à la dolomie, des avantages incontestables. Elle donne beaucoup plus facilement des briques bien régulières; elle permet même de fabriquer des pièces de forme relativement compliquée. Les divers produits magnésiens sont très solides; ils se conservent indéfiniment à l'air, alors que la dolomie frittée et les produits ou revêtements auxquels elle sert de base se délitent après une courte période, 15 jours à 3 semaines au maximum, par la seule action

de l'humidité atmosphérique. Enfin ils présentent l'avantage considérable de pouvoir être mis en contact, à haute température, avec des revêtements siliceux sans que la fusion se produise.

» Leur seul défaut est leur prix de revient beaucoup plus élevé que celui des revêtements dolomitiques. Cet inconvénient est particulièrement accentué dans l'ouest de l'Europe, où il n'existe aucun gisement de giobertite assez important pour alimenter une grande fabrication de produits magnésiens.

» La grande altérabilité des produits réfractaires à base de dolomie a eu pour conséquence de concentrer l'élaboration de ces produits dans les usines mêmes qui les consomment. Il n'existe pas d'usines spéciales ayant leur fabrication pour objet; c'est tout au plus si le frittage de la dolomie s'effectue parfois sur le lieu de son exploitation. Encore cette combinaison nécessite-t-elle beaucoup de rapidité et de régularité dans les transports, si l'on veut éviter un déchet considérable en cours de route.

» Il en est autrement de celle des produits magnésiens; ceux-ci n'ont été à l'origine qu'un accessoire de l'industrie des produits silico-alumineux, mais leur production tend à se concentrer dans des établissements spéciaux, installés à proximité des centres de production de la matière première.

» Dans les grandes usines, telles que celles de Styrie et de Hongrie, la méthode employée pour la fabrication des briques de magnésie est la suivante : le carbonate de magnésie naturel est calciné dans des fours coulants, chauffés par introduction, vers leur zone moyenne, de gaz combustibles provenant de gazogènes à houille; la combustion de ces gaz est rendue plus complète par une insufflation d'air. La température obtenue doit atteindre le blanc intense, de manière à provoquer un frittage aussi complet que possible.

» Pour reconnaître si ce résultat a été obtenu, on casse les morceaux que l'on tire par le bas du four. La surface de ces morceaux, qui a subi un chauffage énergique, est colorée en brun ou en violet foncé; le centre conserve parfois une couleur d'un jaune ocreux qui indique une calcination insuffisante. On

trie ces parties mal cuites, qui servent ensuite à préparer la pâte servant à agglomérer les fragments frittés.

» Les parties bien cuites sont broyées, soit dans des broyeurs à boulets, soit sous des meules roulantes, à bandage d'acier très dur. La première catégorie d'appareils donne des résultats moins satisfaisants que la seconde, à cause de la détérioration très rapide de ses éléments et de sa tendance à broyer trop fin. Les grains de la matière broyée doivent avoir, autant que possible, de 2^{mm} à 3^{mm} de diamètre.

» Pour agglomérer la magnésie frittée, on emploie parfois le goudron bien privé d'eau, dans la proportion de 8 pour 100 du poids de la magnésie. On fait le mélange sous des meules verticales, puis on comprime la pâte dans des meules de fonte, soit à la main, soit mécaniquement. Cette méthode de fabrication, identique à celle employée pour les briques de dolomie, donne lieu à un retrait important au moment de la cuisson, qui se fait dans les moules en fonte.

» Le plus souvent on préfère employer comme élément plastique une pâte de magnésie dite *caustique*, c'est-à-dire cuite à une température de 800° à 900° seulement. On emploie à cet usage les incuits de la calcination; on les broie très finement et on les mélange avec de l'eau; il se produit un échauffement appréciable, dû à l'hydratation de la magnésie. Le mélange a été fait sur la piste d'une meule roulante, jusqu'à consistance un peu laiteuse; on y ajoute peu à peu, en faisant toujours tourner la meule, de la magnésie frittée et broyée, jusqu'à obtention d'une pâte très épaisse. On moule celle-ci, soit à la main, soit à la presse; on laisse sécher pendant une huitaine de jours sous des hangars bien ventilés; enfin l'on cuit dans un four continu, chauffé au gaz de gazogène. La cuisson dure une vingtaine d'heures par chambre : elle se fait au blanc le plus intense et donne lieu à un retrait de 4 pour 100 environ sur les dimensions initiales.

» D'après M. Mansfeld, fabricant à Budapest, on obtiendrait des produits de qualité supérieure en utilisant comme matière première les déchets de la cuisson et de la manipulation des briques et en les agglomérant à nouveau, parfois après ad-

dition d'une certaine quantité de fer chromé. On obtiendrait ainsi des briques qui ne subiraient au feu aucun retrait appréciable.

» Pour la confection des revêtements en pisé de magnésie, on emploie comme agglomérant, tantôt le goudron, tantôt un mortier très clair à base de terre réfractaire, tantôt enfin une certaine proportion de scories basiques provenant de l'opération même qui doit être exécutée dans le four.

» La première formule ne donne lieu à aucune observation spéciale. D'après les indications données par la Société de Veitsch (Styrie), la deuxième comporterait l'emploi d'une bouillie formée de 1 partie de terre de pipe et de 9 parties d'eau que l'on ajouterait à de la magnésie frittée et broyée, dans la proportion de $\frac{1}{9}$ du poids de celle-ci.

» Les analyses suivantes donnent une idée de la composition des produits magnésiens fournis par les deux usines ci-dessus :

Désignation.	Veitsch. I.	II.	III.	Paul Mansfeld. IV.	V.	VI.
Magnésie	88,22	85,31	83,00	90,42	90,95	91,52
Chaux	0,87	traces	3,90	1,50	1,70	2,10
Alumine	0,86	9,85	1,30	2,38	non dosée	non dosée
Sesquioxyde de fer	7,07		7,60	5,02	6,50	6,05
Protoxyde de manganèse	0,59	0,47	»	»	»	»
Silice	2,35	non dosée	3,45	0,17	0,50	0,35
Acide carbonique	»	»	»	0,46	»	»
Acide phosphorique	»	»	0,08	»	»	»
Perte au feu	»	»	0,20	0,05	»	»
Totaux	99,96	94,83	99,45	100,00	99,65	100,02

I. Magnésie calcinée de Veitsch (analyse faite à l'Académie royale des Mines de Freiberg, d'après la Société de Veitsch). — II. Briques de magnésie de l'usine de Veitsch (analyse de Sir Ed. Riley, d'après la Société de Veitsch). — III. Briques de magnésie de l'usine de Veitsch (analyse de The Stowe Fuller Company, à Cleveland, Ohio, U. S., d'après M. Paul Mansfeld). — IV. Magnésie calcinée de l'usine Mansfeld (analyse de M. Lukacs, chimiste à l'Université de Budapest, d'après M. Paul Mansfeld). — V. Magnésie calcinée de l'usine Mansfeld (analyse du laboratoire du Ministère hongrois de l'Agriculture, d'après M. Paul Mansfeld). — VI. Brique de magnésie de l'usine Mansfeld (analyse de The Stowe Fuller Company, à Cleveland, Ohio, U. S., d'après M. Paul Mansfeld).

» On arrive maintenant à fabriquer, en pâte magnésienne, non

seulement des briques de tous modèles, y compris des briques de voûtes, assemblées à rainure, mais encore des pièces de forme assez compliquée, telles que creusets, fours à fondre le platine, bouchons de coulée, avec leurs sièges, pour poches à acier, tuyères de convertisseurs, etc.

» D'après l'expérience acquise par diverses aciéries, les tuyères en magnésie peuvent donner d'excellents résultats et prolonger de beaucoup la durée des fonds de convertisseurs basiques. Leur emploi se développerait rapidement si leur prix était moins élevé.

» Certaines grandes usines sidérurgiques fabriquent des produits réfractaires à base de magnésie. On peut citer notamment celle du Creusot qui est arrivée à obtenir, dans son usine de Perreuil, des tuyères en magnésie d'une dureté et d'une résistance très remarquables. »

CHAPITRE XII.

FAIENCES.

Les faïences se distinguent des terres cuites, dont elles ont la structure poreuse, par l'apposition d'une composition vitrifiable sur la pâte. La masse, après cuisson, se trouve recouverte d'un vernis vitreux qui donne à la surface de la poterie, enduite de glaçure, de l'imperméabilité.

Les différentes sortes de faïences se ramènent à trois types que nous avons déjà signalés : la poterie vernissée, la faïence commune ou émaillée et la faïence fine. Nous comprendrons dans ce groupe des faïences les terres cuites vernissées employées dans la construction, qui sont de véritables faïences et non des terres cuites.

I. — POTERIE VERNISSÉE.

Sous ce nom nous comprenons les faïences dont la pâte homogène présente une cassure terreuse et une texture nettement poreuse.

La masse est opaque, colorée plus ou moins fortement par de l'oxyde de fer. La pâte est calcaire et la glaçure transparente, souvent colorée, est, dans le cas général, un silicate plombeux.

Les poteries communes (marmites, poêlons, jattes, écuelles) ne sont pas l'objet d'une fabrication très recherchée. Façonnage et cuisson sont réduits à la plus grande simplicité.

Les terres propres à ce genre de produits doivent être assez plastiques pour le façonnage. La coloration qu'elles prennent

en cuisant est sans importance, aussi trouve-t-on beaucoup de terres pouvant être utilisées, car les argiles convenables sont très répandues. Il faut une terre qui ne contienne pas une trop grande quantité de carbonate de chaux et dans laquelle on ne rencontre pas de grains trop nombreux (craie, pyrites).

Un épluchage permet le nettoyage physique d'une argile. Les terres qui nécessiteraient un épluchage trop soigné doivent être rejetées, car leur épuration occasionnerait des frais peu en rapport avec le bas prix de la poterie commune.

Les terres employées dans la confection de la poterie commune sont des argiles ferrugineuses et calcaires.

Voici quelques types de ces terres :

	I.	II.	III.
SiO^2	57,70	62,40	63,19
Al^2O^3	27,42	22,00	21,60
Fe^2O^3	6,88	3,09	5,69
CaO	5,60	1,68	0,34
MgO	0,20	traces	0,74
Alcalis	0,18	traces	2,25
Perte au rouge	0,02	11,01	6,39

I. Argile de Krönningen (Bavière). — II. Argile d'Arcueil près Paris. — III. Argile de Tillendorf (Silésie).

Un excès de calcaire dans l'argile présente de graves inconvénients, il rend la terre impropre à supporter les changements brusques de température. La vaisselle de terre, façonnée avec une pâte trop calcaire, se rompt facilement quand on la chauffe rapidement; elle éclate et se brise en plusieurs morceaux. La cuisson de ces poteries ne se fait pas à une température assez élevée pour amener la silicatisation de la chaux, la pâte reste poreuse, le carbonate est plus ou moins décomposé et reste inerte, sans jouer le rôle d'un agglutinant. Il en résulte pour les pâtes calcaires une autre sorte d'inconvénients s'il y a production de chaux vive. La chaux absorbe l'humidité atmosphérique, se dilate, foisonne et se délite en amenant la détérioration de la poterie.

Les argiles sont généralement beaucoup trop grasses pour qu'elles puissent être employées seules à la préparation de la pâte, l'addition d'un amaigrissant est souvent nécessaire. L'introduction d'un dégraissant en même temps qu'elle facilite le façonnage augmente, comme nous l'avons déjà dit, la résistance à l'échauffement, puisqu'elle rend la structure alvéolée.

La présence du calcaire dans les pâtes a une influence que n'offrent pas tous les corps aptes à jouer les dégraissants. Sans s'en rendre compte les potiers ont constaté qu'au point de vue de la glaçure la présence d'un peu de chaux était avantageuse pour l'accord. Il faut chercher l'explication de ce phénomène dans la modification apportée par le nouveau corps à la dilatation de la pâte. On diminue l'écart qui existait entre la pâte et la couverte et l'on ramène les dilatations à moins de discordance; on a différé d'assez peu l'une de l'autre pour ne plus donner lieu à des accidents.

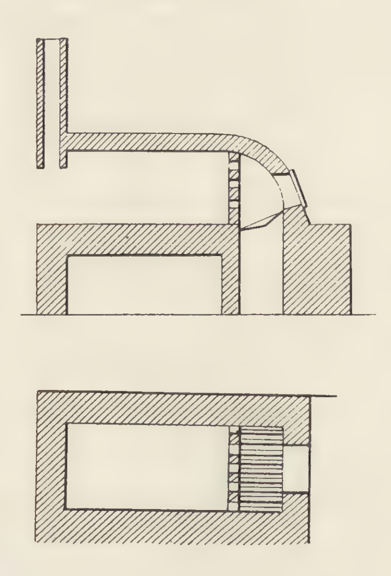
Le façonnage de la poterie commune est fait d'une manière très rudimentaire, tout comme dans la fabrication des ustensiles de terre cuite. Les pâtes sont dégraissées le plus souvent avec du sable; par un coupage de diverses terres et l'addition de corps non plastiques on arrive à préparer des terres de plasticité convenable. Le développement de la faïence fine a amené la suppression de nombreuses poteries. On a préféré des poteries plus fines et plus soignées à la poterie commune, aussi ne rencontre-t-on plus guère que de petits potiers ayant une modeste installation et bornant leur fabrication aux objets de première nécessité consommés dans le voisinage. Ainsi, à Conchy-les-Pots (Oise), il y avait cent tours au commencement du siècle dernier, on n'y trouve plus maintenant qu'un seul potier et encore borne-t-il toute sa fabrication à celle des vases et tuyaux de terre cuite. Dans quelques régions pourtant, comme à Vallauris, subsistent des fabriques spéciales, mieux conduites, et ayant encore une importance réelle.

On marche la pâte, rarement on la malaxe et l'on façonne au tour. Après dessiccation on donne un premier feu et l'on applique sur le biscuit le vernis qui doit le recouvrir. Un second feu plus

intense que le premier termine la cuisson de la pâte et donne le glacé nécessaire à la couverte. La mise en couverte sur cru et la cuisson en un seul feu ont été signalées par Brongniart; on ne doit pas la considérer comme générale. Dans ce cas la mise en couverte se ferait par tamisage, ce qui est particulièrement dangereux.

Les fours destinés à cuire la poterie commune ont reçu les formes les plus variées et les vieux potiers ont eu à ce sujet les opinions les plus diverses. Les ouvrages renferment des dessins nombreux des anciens fours employés dans cette fabri-

Fig. 126.



cation et le hasard peut mettre encore sous les yeux des représentants de ces appareils primitifs. Tantôt les fours ont été construits à axe vertical, tantôt on a adopté une disposition rappelant celle du four dit *de Cassel* avec plus ou moins de modifications.

La couverte de la poterie commune est presque toujours plombeuse. Bien préparé, le silicate de plomb qui sert à la former, serait peu nuisible; mais, pour économiser du combus-

tible, des fabricants ont eu recours aux manœuvres les plus critiquables.

Le mieux serait de préparer un silicate de plomb correspondant à une formule moléculaire suffisamment acide pour ne pas tomber au-dessous de $PbO.2SiO^2$, à la grande limite de $1,5SiO^2$. Avec un mélange bien fait de sable et de minium, dans les rapports voulus, et une cuisson à température suffisamment élevée, les pièces recevraient un vernis bien glacé et résistant. Par suite d'une économie mal comprise on a forcé souvent la dose d'oxyde de plomb, la glaçure est devenue basique, fusible; mais, si elle permettait un vernissage à température moins élevée que la précédente, elle fournissait un enduit capable de céder du plomb aux corps acides employés dans la cuisson des aliments.

Pour composer la glaçure les potiers avaient uniquement recours à l'alquifoux (sulfure de plomb dont le nom est d'origine arabe). Cette matière ne présentait aucun avantage, car elle nécessitait une transformation avant d'être apte à la silicatisation. Le départ du soufre à l'état de gaz sulfureux et l'oxydation du métal s'effectuent facilement au contact de l'air quand on porte la matière à une température voisine du rouge. Les oxydes de plomb (massicot, litharge, minium) sont évidemment plus avantageux.

La couverte est composée avec du sable siliceux et de l'oxyde de plomb; l'addition d'un peu de matière plastique facilite son application. Dans une fabrication aussi simple on se contente de faire un mélange, sans frittage ni vitrification de la masse.

Voici, par exemple, comment certains potiers composaient leurs vernis.

Alquifoux	75	»	»
Massicot	»	64	»
Sable blanc	20	20	30
Minium	»	»	65
Argile	5	16	»
Craie	»	»	5

Dans toutes ces formules le rapport $\frac{SiO^2}{MO}$ ne s'abaisse pas au-dessous de 1, mais il n'est supérieur dans aucune à 1,5.

Non seulement les vernis plombifères ne sont pas toujours composés de manière à former un silicate convenablement acide, mais il est arrivé aussi que, par suite d'une cuisson peu soignée, mal conduite, la silicatisation a été incomplète, aussi les graisses, les huiles, le vinaigre se sont-ils chargés de composés plombifères en attaquant la glaçure.

L'emploi du plomb dans la composition des couvertes n'offre pas que des inconvénients au point de vue de l'alimentation, la manutention des composés plombifères présente des dangers d'empoisonnement pour les ouvriers.

La pose de la glaçure par trempage oblige les ouvriers à avoir les mains en contact avec des liquides chargés de composés plombeux, la préparation du mélange lui-même amène la volatilisation de poussières plombeuses.

Le moins dangereux serait de ne pas manœuvrer de plomb sous une forme aussi assimilable que l'oxyde. Si l'on avait le soin de fondre ou au moins de fritter la couverte destinée à la poterie, on diminuerait de beaucoup le danger d'empoisonnement. Ce mode de préparation de la couverte plombeuse a été signalé et recommandé par Bastenaire Daudenart déjà en 1835; les récents démêlés des fabricants anglais avec la Commission de salubrité du travail prouvent que, en Angleterre comme en France, on a préféré s'en tenir aux vieux modes de travail ([1]). Pour éviter de dépenser spécialement du combustible on pouvait opérer comme les fabricants de faïence commune émaillée et opérer la fusion sous le four dans un bassin *ad hoc*. La seule dépense consistait alors dans le broyage du silicate de plomb.

Ce danger d'empoisonnement par le plomb était connu de bonne heure et l'auteur cité plus haut ([2]) indiquait déjà comme moyen d'atténuer ces inconvénients des types de vernis, moins plombeux, terreux et alcalins, additionnés au besoin de borax

---

([1]) *Pottery Gazette, Lead Poisoning*, années 1899, 1900, 1901.

([2]) BASTENAIRE DAUDENART, *L'art de fabriquer la poterie commune*, 1835.

pour leur donner une fusibilité convenable. Ainsi les deux vernis ci-dessous

Minium ou massicot	40	42
Sable blanc	40	40
Carbonate de soude	15	»
Craie	3	»
Azotate de potasse	2	»
Carbonate de potasse	»	11
Terre argileuse	»	5
Borax	»	1

sont beaucoup moins plombifères que les exemples donnés précédemment. Le premier est du type $2,2\,SiO^2MO$, le rapport $\frac{SiO^2}{PbO}$ est de 3,6.

Ces couvertes sont supérieures à celles que nous avons citées à tous les points de vue. Leur nature exige un frittage préalable pour rendre la masse insoluble dans l'eau; dans cet état la poussière est moins nocive que la poudre de massicot. En outre la quantité de plomb a été diminuée et l'acidité totale a été augmentée.

Pour remédier à tous les défauts des glaçures plombeuses on a proposé beaucoup de formules [1]. Jusqu'ici l'insouciance et la routine ont empêché leur développement et il n'y a que peu de poteries qui fabriquent de la vaisselle avec glaçure sans plomb. Dès la première moitié du XIXe siècle on s'est occupé de cette question et l'on trouve déjà dans les ouvrages des recettes de vernis d'où l'oxyde de plomb est proscrit.

Une glaçure du type $\left.\begin{matrix} 0,75\,CaO \\ 0,25\,K^2O \end{matrix}\right\}\ 0,25\,Al^2O^3, 3\,SiO^2$ est très convenable.

On peut utiliser aussi une glaçure boracique telle que

$$\left.\begin{matrix} 0,35\,K^2O \\ 0,20\,Na^2O \\ 0,45\,CaO \end{matrix}\right\}\ 0,5\,Al^2O^3,\ 3,6\,SiO^2,$$

(1) *Voir*, p. 127, le travail de Seger *Sur les glaçures sans plomb.*

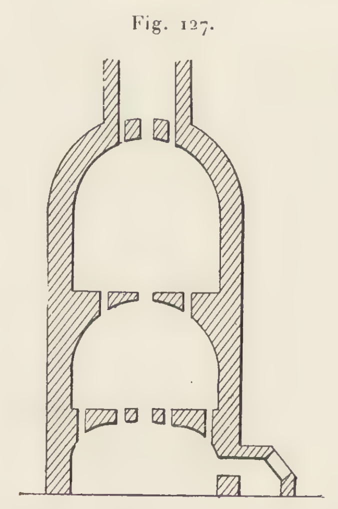
que l'on préparera en frittant

Feldspath....................	112
Sable quartzeux...............	36
Borax cristallisé..............	50
Craie......................	25

Pour l'usage, on additionne cette fritte du $\frac{1}{8}$ de son poids de kaolin et l'on broie le mélange.

La cuisson de la poterie commune est généralement double comme nous l'avons dit. Les petits potiers effectuent cette opération de différentes manières. Ceux qui n'ont à leur disposition que des fours rudimentaires de petite taille font des fournées de biscuit et des fournées de poterie avec son vernis. Quand ils ont de grands fours ils peuvent utiliser les parties chaudes pour cuire la glaçure et faire leur biscuit dans les régions moins chauffées.

Fig. 127.



Avec un four à deux étages, on peut utiliser le haut pour cuire le biscuit et tirer parti de l'espace inférieur pour fritter la glaçure. Cet appareil est analogue au four carré que nous décrirons plus loin à propos de la faïence stannifère. Ces fours ressemblent aux fours à porcelaine, ils en diffèrent par leur construction inférieure.

Rarement les fours ronds à axe vertical ont été utilisés pour cuire la poterie, le plus souvent on a donné la préférence aux fours carrés. Le four que nous avons cité a servi avantageusement, d'après Bastenaire Daudenart; il était, à l'époque où écrivait l'auteur, incontestablement supérieur aux fours signalés pour cette fabrication par Brongniart.

L'enfournement de la poterie commune se fait en charge ou en échappade. Le premier moyen est le plus fréquemment employé, on trouve des traces des adhérences et arrachements qu'il a motivés sur les ustensiles de cuisine.

La cuisson de la poterie vernissée comprend comme toujours un grand feu et un petit feu. Quelquefois la cuisson est faite en atmosphère réductrice ou bien des fragments de combustibles sont entraînés sur les poteries; on voit alors des réductions du plomb à la surface.

Le combustible employé est souvent le bois; on cuit aussi au charbon.

Quoique ce genre de produits ne serve pas comme vases d'apparat, on lui applique quelquefois des couvertes colorées. La coloration de la terre ne permet pas d'obtenir des tons particulièrement beaux. On prépare ces couvertes colorées en ajoutant à la glaçure 4 pour 100 de colorant, soit oxyde de cuivre donnant du vert, soit oxyde de manganèse produisant un brun plus ou moins violacé.

Quelques fabricants engobent leur poterie, au lieu de les colorer au moyen d'une couverte, c'est-à-dire qu'ils appliquent sur la pâte une couche d'argile blanche et qu'ils posent une couverte sur le tout. La partie engobée semble blanche; la couleur est due en réalité à l'engobe placée sous la couverte.

On ne fait plus de poterie vernissée que pour fournir aux ménagères leurs ustensiles de cuisine. Quelques paysans, dans des régions arriérées, se servent encore de vaisselle en terre vernissée; leur nombre va en diminuant, l'assiette de faïence fine ou de porcelaine blanche faisant une concurrence sérieuse à cette poterie grossière. Un grand nombre d'objets peuvent supporter, sans inconvénients, les vernis au plomb; ce sont tous ceux qui ne servent pas à l'alimentation, comme les ter-

rines. Il n'en est plus de même des casseroles, des plats, des cocottes ou marmites à pot au feu; ces ustensiles ont encore cours dans beaucoup de cuisines et il serait à désirer que leur fabrication profitât des connaissances que nous possédons maintenant pour l'application des couvertes, sinon sans plomb, mais au moins toujours bien cuites et convenablement composées.

Depuis peu on trouve dans le commerce des poteries dites *poteries à feu,* qui sont enduites d'un vernis sans plomb. Elles sont bien façonnées, ont un fond blanc et semblent supérieures à ce qui s'est fait jusqu'à ce jour.

La fabrication des alentours de Paris a eu une importance réelle il y a un demi-siècle; des produits mieux faits lui ont porté maintenant un coup sérieux, dont elle ne se relèvera pas. Son vernis qui tressaille à la longue en fera toujours une matière destinée à prendre mauvais goût par l'usage, par suite de l'inclusion de substances alimentaires dans les fissures.

Nous emprunterons à Brongniart quelques détails sur une fabrication, fort ancienne maintenant, mais qui a peu changé.

La pâte était composée d'argile plastique brune extraite dans la région avoisinant le sud de Paris. On ajoutait à cette argile du sable siliceux, mélangé naturellement de marnes ferrugineuses, que l'on trouvait sur des hauteurs au nord et au sud de Paris (à Belleville, par exemple). Ce sable renfermait en moyenne 93 pour 100 de silice.

La pâte se faisait avec 20 pour 100 de sable et 80 pour 100 d'argile épluchée pour en enlever les pyrites. On la marchait, puis on la livrait au façonnage.

On façonnait au tour. Pour les grandes pièces ce tour n'était pas animé au pied. Il portait, à la place du plateau, une roue sur les rayons de laquelle l'ouvrier donnait une poussée en s'aidant d'un bâton.

Toutes les garnitures, les pièces ovales se fabriquaient à la main; on ajustait les garnitures de suite sur les pièces. Parfois on avait recours aux moules en plâtre, mais seulement dans les cas compliqués.

La cuisson se faisait dans un four analogue à celui qu'on emploie pour la faïence émaillée.

Les vernis ordinaires avaient comme composition :

	Jaune.	Brun.	Vert.
Minium	70	64	65
Argile plastique	16	15	16
Sable de Belleville	14	15	16
Bioxyde de manganèse naturel riche.	»	6	»
Battitures de cuivre	»	»	3

Ces vernis sont fortement plombeux.

On enfournait en charge et la poterie subissait deux feux (biscuit et vernis).

A Vallauris, dans le midi de la France, on fabrique encore beaucoup de poterie vernissée. L'intérieur est engobé en blanc. La glaçure est ordinairement plombeuse. Cette poterie a pour pâte une argile locale dégraissée au sable de mer. Le mélange est façonné, engobé et émaillé sur cru. On n'effectue qu'une seule cuisson.

Au golfe Juan, en France, on fabrique beaucoup de faïences dont les formes sont recherchées et présentent une certaine élégance. Leur décoration est des plus simples. La plus grande partie des pièces ne reçoivent qu'une couverte colorée.

En Allemagne on peut rencontrer une poterie possédant encore une certaine célébrité, c'est la poterie de Bunzlau. Elle se distingue principalement de la poterie parisienne par sa glaçure non plombeuse.

On composerait une poterie analogue avec une argile plastique réfractaire, additionnée du tiers de son poids de sable fusible. La pâte ainsi faite est engobée intérieurement avec :

Tesson de porcelaine	750
Argile	2000
Feldspath	1000

La glaçure intérieure se compose de :

Sable fusible	75
Feldspath	55
Tesson de porcelaine	45
Craie	45
Kaolin	25

Extérieurement on pose une autre glaçure :

Argile ferrugineuse	25
Ocre	5
Carbonate de potasse	2

Après une cuisson réductrice en gazettes, on ferme le four. Par refroidissement lent il se développe une coloration brune.

Les poteries vernissées sont encore restées l'apanage des petits potiers dans la plupart des pays.

Presque toujours limitée aux objets de première nécessité, la fabrication n'a jamais cherché à s'affiner. Les quelques pièces décoratives que l'on fait actuellement dans ce genre de poteries sont généralement fort pauvres. Elles sont l'œuvre de paysans presque toujours.

II. — FAIENCE COMMUNE ÉMAILLÉE OU STANNIFÈRE ET MAJOLIQUE.

A. — *Faïence émaillée.*

Pour masquer la couleur de la pâte, qui est toujours plus ou moins rouge ou jaune, on a appliqué une glaçure opaque blanche à ce genre de faïence. L'opacification étant due à l'addition de l'oxyde d'étain, on a tiré de cette particularité un nom générique pour ce genre de produits.

La pâte de cette faïence est, comme la pâte des poteries vernissées, tendre et à texture lâche. La cassure de la pâte est terreuse. La masse a les propriétés d'une terre cuite sur laquelle on a posé une glaçure.

L'émail stannifère est sujet à tressailler; pour corriger le manque d'accord de la pâte et de la glaçure la présence de chaux est nécessaire, aussi l'on introduit dans la composition de la pâte de la marne.

Certaines de ces faïences sont capables de supporter les brusques changements de températures, aussi les emploie-t-on dans les ménages pour l'usage culinaire. Ce genre de faïence allant au feu est presque le seul type de faïence stannifère, avec

les carreaux de poêles, dont la fabrication se maintienne. Pour le service de table, le service de toilette, la faïence stannifère a été complètement détrônée par la porcelaine et la faïence fine. Quelques fabriques subsistent encore et produisent des services de faïence stannifère; mais, la consommation ayant considérablement diminué, elles n'alimentent plus guère que les paysans et les curieux qui s'intéressent à voir se perpétuer des décors un peu surannés.

La forme des pièces a toujours été un peu épaisse, la légèreté a toujours fait défaut; enfin l'émail stannifère, une fois gercé, est sujet à s'en aller par écailles. Ces différents inconvénients ont causé la déchéance de cette poterie, que l'on peut remplacer maintenant par des produits plus fins, plus légers et d'un décor plus varié.

La faïence commune émaillée a été fabriquée en divers points de la France : les produits des anciennes fabriques sont très estimés par les collectionneurs.

Les argiles, qui servent à faire la pâte de la faïence émaillée, sont plus ou moins ferrugineuses; elles cuisent presque toujours avec une coloration prononcée. En même temps que ces argiles on utilise des marnes qui peuvent renfermer jusqu'à 20 et 25 pour 100 de carbonate de chaux. Voici quelques exemples de composition de ces matières :

	I.	II.	III.
SiO^2	50,23	55,64	41,37
Al^2O^3	25,00	19,13	16,42
Fe^2O^3	6,80	6,74	5,22
CaO	6,00	3,75	13,60
MgO	»	2,79	4,64
K^2O / Na^2O	»	2,78	1,48
H^2O	11,41	6,70	6,15
CO^2	4,80	2,59	11,32

I. France. — II. Hongrie. — III. Westphalie.

Le façonnage ne présente rien de bien particulier. Le tournage et le moulage ont été uniquement employés. Actuellement

le peu d'importance des fabriques ne comporte pas l'emploi du façonnage mécanique.

Après l'ébauchage, les pièces raffermies subissent le tournassage. Pour terminer leur dessiccation les pièces ne demandent pas un empilage compliqué. On peut sans crainte de déformation mettre les pièces les unes dans les autres quand elles sont plates; on les place bord sur bord quand elles sont creuses et quand leur forme ne permet pas l'empilage.

L'émaillage se fait sur biscuit, ce qui fait que la cuisson demande deux feux : un pour le biscuit et un pour l'émail. Cette dernière cuisson se fait à une température plus élevée que la cuisson du biscuit.

La glaçure stannifère se prépare au moyen de calcine. Cette calcine provient de l'oxydation d'un alliage de 1 partie d'étain et 4 parties de plomb. On ajoute du sable pour former un silicate plombeux, puis une petite quantité d'un sel alcalin; généralement les fabricants ont donné la préférence au sel marin qui, difficile à salifier, doit surtout servir de couverture au silicate plombeux pendant la fusion, car la silicatisation d'un chlorure est lente. Avant d'être employé l'émail subit un fort frittage; sans être amenée jusqu'à la fusion complète la masse se ramollit fortement en s'agglomérant. Les faïenciers avaient disposé dans leurs anciens fours (fours carrés) un bassin où ils frittaient leur émail. Sous le four, dans une cavité qui recevait la première atteinte de la flamme avant son ascension dans le four, on ménageait une cavité, peu profonde mais de large surface, dans laquelle on déposait, sur un lit de sable pour éviter l'adhérence, les matériaux de la glaçure. La cuisson peut se faire également dans des fours cylindriques, l'émail doit alors se préparer à part. Une fois fritté l'émail est gratté pour le débarrasser des matières étrangères adhérentes, puis pulvérisé.

Fabrication dite de Paris. — Brongniart a désigné sous ce nom la poterie capable d'aller au feu et recouverte d'un émail stannifère que l'on rencontre surtout dans les marchés en plein vent des environs de Paris. Son emploi est restreint aux classes peu aisées et aux paysans. Les formes sont grossières et épaisses.

Il n'y a aucun inconvénient à citer comme exemple une description aussi ancienne; la faïence émaillée est restée actuellement au point où elle était il y a un demi-siècle. Nous distinguerons de suite deux sortes de poteries : la faïence blanche et la faïence brune. La première ne supporte pas le feu, la seconde peut être chauffée sans accident. Cette dernière faïence a pu, grâce à cette propriété, trouver un débouché dans les ménages.

Les pâtes de la faïence blanche et brune étaient ainsi composées :

Argile plastique d'Arcueil	8	30
Marne argileuse verdâtre	36	32
Marne calcaire blanche	28	10
Sable jaune de Picpus	28	28

L'argile plastique d'Arcueil est une argile que l'on trouve en grands amas. On rencontre cette argile dans certaines régions du gisement avec un aspect particulier. Les matières organiques ont réduit les composés ferriques en composés ferreux, aussi lorsqu'on coupe un bloc humide laisse-t-il voir une coupure bleue très nette. Cette apparition est de courte durée, car l'oxydation amène rapidement la coloration rouge des argiles ferrugineuses.

Les marnes indiquées dans la formule se présentent en couches peu épaisses dans le bassin parisien; elles forment des lits horizontaux dans les terrains. Les marnes vertes doivent en partie leur coloration à la présence de *glauconie* (silicate hydraté de fer et de potassium alumineux).

L'examen des formules précédentes montre que dans les pâtes, destinées à fabriquer une faïence pouvant supporter sans accidents les variations brusques de température, la quantité de matériaux calcaires ne doit pas être exagérée. L'argile prédomine dans la pâte de faïence brune. Les pâtes des faïences de cet ordre ne permettent pas, vu le peu de valeur des poteries, de leur faire subir une préparation très soignée. Il est certain que dans certaines fabriques on a dû conserver l'habitude de marcher la pâte, après avoir humecté d'eau le mélange des divers éléments. A l'époque où Brongniart a décrit cette fabrication,

le filtre-presse n'était pas connu et les potiers étaient obligés de recourir à des moyens primitifs pour raffermir la pâte. On laissait déposer les pâtes délayées et tamisées et, une fois l'excès d'eau décanté, on appliquait la pâte en grosses poignées contre les murs.

Le façonnage d'une poterie de ce genre ne comprend que des appareils simples, aussi s'est-on borné à recourir au tournage et au moulage.

On met sécher les pièces une fois façonnées et l'on surveille leur dessiccation pour éviter le gauche. Il est possible tant que la pâte est encore molle de redresser d'un coup de main les pièces qui montrent une tendance à gauchir.

La cuisson est double; elle donne d'abord du biscuit que l'on émaille et que l'on cuit une deuxième fois à une température plus élevée que pour le biscuit.

On a cuit ces poteries dans différentes sortes de fours. Les fours ont reçu soit le dispositif couché, soit le dispositif vertical.

Un des fours les plus connus dans cette fabrication a reçu la désignation de *four carré*. C'est à sa section carrée qu'il doit son nom. Il se compose d'un prisme quadrangulaire, muni d'un alandier sur une de ses faces. La flamme sortant de l'alandier passe d'abord dans une chambre vide, située sous le four, puis traverse une sole percée de carneaux et entre dans le four. On sépare le four en deux portions A et B par un plancher en briques.

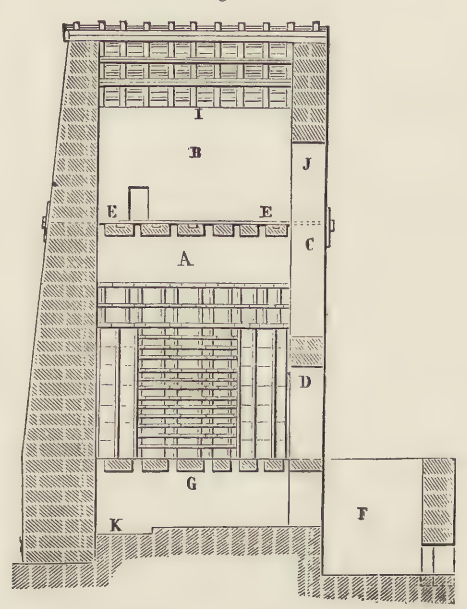
La chambre inférieure A dans laquelle entrent d'abord les flammes sert à la cuisson de l'émail. Dans un bassin rectangulaire K on place le mélange destiné à former la couverte.

La première chambre du four A reçoit les faïences émaillées. On termine l'enfournement avec du biscuit, car l'émail ne pourrait glacer dans la partie supérieure. La chambre la plus élevée reçoit aussi des poteries à cuire en biscuit.

Voici les dimensions d'un semblable four : hauteur totale 7^m, largeur $2^m,60$ à l'intérieur; la surface de l'alandier est de $1^m,30 \times 0^m,70$. La cuisson a une durée moyenne de 27 à 30 heures, avec un petit feu pendant la moitié de ce temps. Le combustible est le bois et une fournée brûle 14 stères.

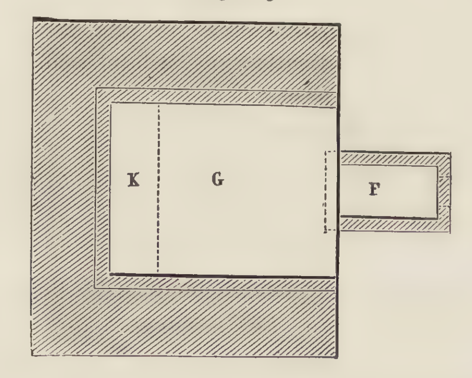
Ce genre de four n'est pas exempt d'inconvénients; il ne cuit pas régulièrement par suite de la position de l'alandier F.

Fig. 128.



La figure précédente 127 montrait un four rond utilisable dans

Fig. 129.



cette fabrication; le modèle est vieux, il serait plus simple de se servir d'un four comme ceux de la faïence fine, quitte à

faire des cuissons séparées pour le biscuit et pour l'émail.

Pour encaster économiquement on a recours à l'enfournement en échappades, au moyen de tuiles supportées par des pillets. On met aussi des pièces en gazettes et l'on enduit ces dernières d'une couche d'émail pour éviter l'absorption de l'émail par la terre cuite qui forme la gazetterie. Le cru se met en échappade, l'émail en gazettes en séparant les pièces par des pernettes.

Les glaçures de ces deux faïences sont opaques. Sur la faïence n'allant pas au feu, on place de l'émail blanc; sur celle qui doit servir à confectionner de la vaisselle de cuisine, on ne met l'émail blanc qu'à l'intérieur, l'extérieur reçoit une glaçure brune.

On composait la glaçure blanche avec de la calcine, du minium, un sable fusible et des alcalis. Ces derniers étaient pris à l'état de sel marin et de carbonate de soude. La formule suivante, très ancienne, a le défaut d'employer de la soude d'Alicante, c'est-à-dire une matière mal définie, sur laquelle les données manquent. Nous la donnons à titre de curiosité.

Calcine	44
Minium	2
Sable de Decize	44
Sel marin	8
Soude d'Alicante	2

La soude d'Alicante ne peut pas être assimilée au carbonate de soude, c'était un carbonate très impur, souillé de matières étrangères et peu riche. Nous avons fait déjà remarquer que le sel se prêtait mal à la silicatisation; il fond pendant le frittage et ne s'altère que lentement.

La glaçure brune était faite avec :

Minium	52
Oxyde de manganèse	7
Poudre de briques	41

On broie les matières et on les délaie dans l'eau pour poser la glaçure par immersion. Les faïences à feu qui recevaient deux glaçures étaient plongées jusqu'au bord dans la couverte qui devait garnir l'extérieur et arrosées intérieurement avec la glaçure blanche.

La glaçure blanche, additionnée de colorants, peut prendre les tons suivants :

	Jaune.	Bleu.	Vert.	Vert pistache.	Violet.
Émail blanc.........	91	95	95	94	96
Jaune de Naples......	9	»	»	2	»
Azur................	»	5	»	»	»
Oxyde de cuivre noir.	»	»	5	4	»
Oxyde de manganèse.	»	»	»	»	4

On fait maintenant relativement peu de faïence stannifère. Quelques fabriques ont subsisté cependant et ce que nous avons dit de la fabrication de la poterie stannifère parisienne s'applique dans ses grandes lignes à leur mode opératoire. La pâte est faite avec une argile plastique associée à une marne ou à de la craie, puis dégraissée avec du sable. L'apport de matériaux calcaires est nécessaire pour l'accord de la pâte avec la glaçure.

La cuisson se fait presque uniquement dans des fours semblables au four dit *carré*. Pour composer leur glaçure, les potiers emploient des recettes s'écartant peu de celles proposées par Brongniart.

Schumacher [1] indique des glaçures telles que :

$$PbO.3,6SiO^2.0,5SnO^2,$$
$$PbO.4,7SiO^2.0,5SnO^2,$$
$$PbO.5SiO^2.0,5SnO^2,$$
$$\left.\begin{matrix}0,74PbO\\0,26Na^2O\end{matrix}\right\} 5,5SiO^2.0,5SnO^2.$$

Les trois dernières sont un peu dures.

Ces couvertes se préparent en partant de calcine, sable siliceux et carbonate de soude.

Un bon émail blanc s'obtient avec la composition suivante :

Sable quartzeux.............	30,64
Minium.....................	15,80
Kaolin......................	19,34
Craie.........	5,65
Calcine......................	40

(1) SCHUMACHER, *Die Keramischen Fabrikate*, p. 420.

Cette calcine se prépare avec un alliage de 25 d'étain et 75 de plomb.

B. — *Majolique.*

Le mot de *majolique* a été employé pour désigner des produits différents. Le nom primitif *majolica* s'appliquait au début aux faïences italiennes. La majolique des Luca Della Robbia est une faïence stannifère, ornée d'un émail, colorée par du jaune d'antimoine, du bleu, du vert de cuivre et du violet de manganèse.

Brongniart désigne aussi la faïence stannifère sous le nom de majolique. Schumacher (¹) appelle majolique des faïences à glaçure transparente plombeuse ou sodico-plombeuse, ces glaçures étant colorées ou non. Dans la Forêt Noire et en Suisse, aux environs de Thoune, on fabrique des faïences que l'on désigne aussi sous ce vocable.

Ce nom, comme on le voit par ces seuls exemples, a été appliqué à des faïences soit du premier groupe, soit du second.

Les majoliques suisses de Thoune sont des faïences à pâte colorée et à glaçure plombeuse. Quand elles reçoivent des glaçures sombres, comme les violets au manganèse, l'épaisseur de la teinte suffit pour cacher la couleur du support.

Dans la faïence de Thoune il y a deux variétés à distinguer : l'une est à fond blanc, l'autre possède un fond noir. C'est le dernier genre qui est le plus ancien. L'engobage joue un grand rôle dans cette fabrication, car c'est à lui que l'on a recours pour le décor. Les engobes sont formés par des bouillies d'argile colorées par des oxydes. Quand il s'agit d'engobes blancs, on a recours à une argile cuisant blanc. On engobe sur cru. Nous reviendrons à propos de la décoration sur la manière d'opérer, un peu spéciale, suivie par les potiers suisses. La pâte, l'engobe, les ornements et le vernis sont cuits en une seule fois.

En Hongrie, au contraire, on fait des faïences stannifères et quelques majoliques hongroises appartiennent à ce genre de faïence.

(¹) *Die Keramischen Thonfabrikate*, p. 367.

III. — FAIENCE FINE.

La faïence fine se distingue nettement des deux autres types de faïences que nous venons d'examiner par la nature de sa pâte et de sa glaçure. La pâte est fortement siliceuse, elle est constituée par de la silice, agglomérée au moyen d'un élément fusible, mêlé à l'argile nécessaire pour le façonnage. La pâte comprendra donc trois sortes d'éléments : la silice, qui formera le corps de la masse, un élément plastique et un élément fusible. Comme les matériaux choisis doivent cuire sans prendre de coloration, la pâte est alors capable de recevoir une couverte transparente. La couverte est un verre complexe borico-silicique à base de plomb et d'alcalis.

La faïence fine présente des variétés auxquelles correspondent des appellations différentes :

La *terre de pipe,* qui est le premier type créé, s'est faite en additionnant une pâte à base d'argile et de sable siliceux de craie ou d'une fritte alcaline.

Le *cailloutage* n'est essentiellement composé que d'argile plastique et de silex ou de sable siliceux.

La faïence fine feldspathique, désignée le plus souvent sous les noms divers de *terre de fer, granite, demi-porcelaine, porcelaine opaque,* a une pâte un peu différente. On ajoute à l'argile et au silex un minéral un peu fusible (feldspath, cornish-stone) qui collera les grains après cuisson.

Telle qu'on la fabrique actuellement la faïence fine emploie comme matières premières des argiles réfractaires cuisant blanc, de la silice provenant des silex et aussi des sables quartzeux, des feldspaths et cornish-stone et des kaolins peu plastiques dont le rôle est de blanchir la masse tout en tenant de la place.

Ces éléments théoriques ne se rencontrent pas dans toutes les pâtes. Dans la fabrication anglaise, qui a créé la faïence fine et la produit avec une rare perfection, on se sert d'argiles réfractaires, de kaolins, de silex et de cornish-stone. En France on a été amené, par suite de l'absence de cornish-stone, à

prendre du feldspath et quelquefois même à recourir à des sables fusibles. La silice du silex est alors remplacée par de la silice quartzeuse. Certaines usines, en France et en Allemagne notamment, travaillent avec des matériaux anglais; elles sont alors tributaires des matériaux étrangers, matériaux dont il existe un marché important à Anvers, ce qui permet d'approvisionner les régions voisines du cours du Rhin.

Préparation de la pâte. — La pâte se compose généralement avec les matières à l'état de barbotines.

Le kaolin introduit dans les pâtes de faïence fine apporte peu de plasticité; il est maigre par rapport à l'argile plastique. On emploie dans cette fabrication les kaolins de deuxième ordre, pas assez gras pour la fabrication de la porcelaine ou un peu ferrugineux, que l'on trouve à des prix peu élevés en France et en Angleterre principalement.

Suivant la distance à parcourir et la nature du kaolin, il peut y avoir avantage à l'acheter lavé, car les frais de transport de la matière inerte qui l'accompagne peuvent compenser et au delà le coût du lavage.

Les argiles sont introduites dans des délayeurs et agitées avec de l'eau; on sépare ainsi la matière plastique, qui reste en suspension dans le liquide, des impuretés naturelles qui demeurent au fond de l'appareil. Avant d'être jetée dans le délayeur l'argile a été concassée; quelquefois même on a enlevé à la main les matières étrangères les plus volumineuses.

Une fois amenée à l'état de barbotine l'argile est tamisée, puis envoyée dans une tine où l'on vient puiser pour former la pâte.

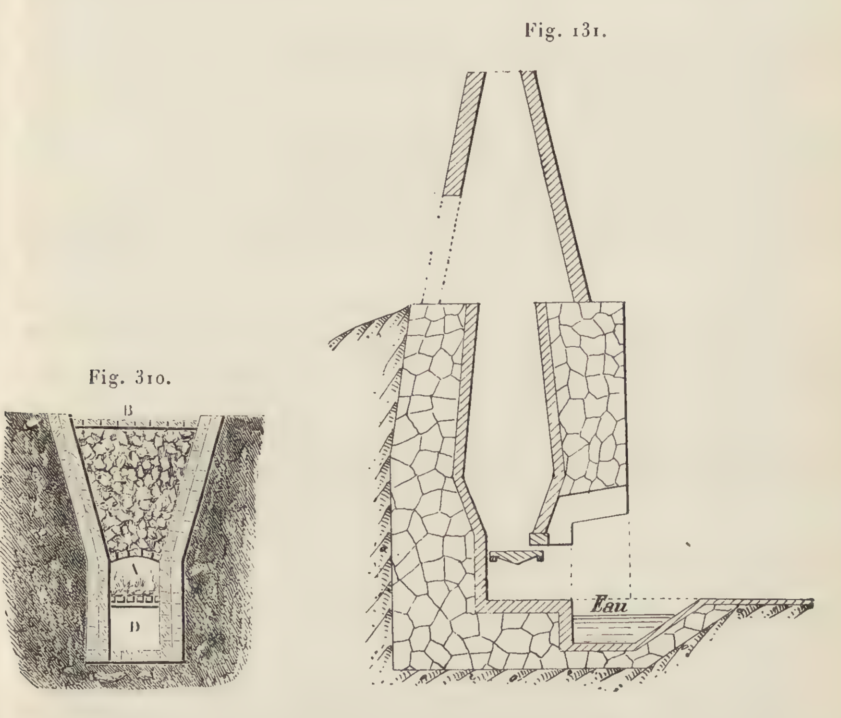
Il n'y a aucun avantage à diviser d'abord l'argile par écrasage; les pyrites pulvérisées se séparent plus difficilement que les pyrites entières. Une fois ces minéraux mis en poudre ils sont facilement entraînés et viennent faire des taches de fer sur les poteries.

Les différentes matières, autres que les argiles, ont toutes une certaine dureté, aussi nécessitent-elles un broyage préalable. Dans les usines ayant un outillage moderne on fait le broyage au moulin Alsing; pourtant on rencontre encore dans d'anciennes

installations des moulins à blocs et des meules horizontales pour le broyage des matières dures. Ces appareils sont d'un rendement moins avantageux que les moulins Alsing. On pulvérise, non à sec, mais à l'eau après avoir dégrossi les matières. Les sables, qui se rencontrent à un état de division suffisant, sont lavés si cela est nécessaire puis introduits dans le moulin. Le silex est d'abord chauffé fortement avant le concassage et le broyage.

Fig. 131.

Fig. 310.



A cet effet on le stratifie avec du charbon menu dans des fours comme ceux représentés ci-dessus. L'un d'eux a la forme d'un gros tronc de cône renversé. Les dimensions moyennes sont de $1^m,50$ à 2^m de diamètre en haut et de $0^m,50$ à $0^m,75$ en bas avec une profondeur de $1^m,50$ à 2^m. Une grille D a été placée à la partie inférieure pour aider au chargement et au déchargement, et au-dessous de cette grille on a ménagé une petite ouverture que l'on tient fermée et qui peut, au besoin, servir pour y faire

du feu. Quelquefois on dispose deux foyers latéraux que l'on allume au besoin. L'autre modèle de fours que nous représentons est également destiné à calciner les silex. Il a une forme un peu différente, car il se compose de deux troncs de cône superposés sur leurs grandes bases. Voici les dimensions de cet appareil : $0^{m},80$ aux orifices inférieurs et supérieurs, $1^{m},50$ dans la région la plus large, 3^{m} de hauteur pour le tronc de cône supérieur et $1^{m},25$ pour le tronc de cône inférieur. Le foyer est constitué par 12 barreaux de 1^{m} de long; la cuve à eau placée en avant a 1^{m} de profondeur et $0^{m},80$ de large. Dans un four de cet ordre, on peut traiter 5000^{kg} en 24 heures.

On voit à la partie supérieure une hotte conique ou *hôle* dont le rôle est de faire office de cheminée et de débarrasser l'usine des fumées.

Les silex sont suffisamment calcinés lorsqu'ils sont tout à fait blancs et commencent à s'émietter et à happer légèrement à la langue dans leur cassure, et à y présenter un aspect peu brillant ou mat. Arrivés à cet état de calcination, on les jette dans les broyeurs et, après les avoir réduits à la dimension d'une noix, on les passe au moulin.

Le mélange des barbotines se fait dans une grande tine après évaluation de la richesse du liquide. Une fois le mélange fait on le maintient toujours en mouvement dans les réservoirs. On fait usage quelquefois d'un épurateur magnétique pour éliminer le fer qui peut souiller la pâte. Au moyen d'un filtre-presse on raffermit les barbotines et on les transforme en pâte [1].

Au sortir de la presse la masse doit être malaxée pour lui donner l'homogénéité physique nécessaire pour le façonnage. Cette opération se fait dans des malaxeurs à hélice, disposés le plus souvent horizontalement.

Façonnage. — La faïence se façonne par divers procédés :

1° Tournage et ébauchage;

---

[1] Pour atténuer la teinte jaune que peuvent amener des matériaux ferrugineux on ajoute quelquefois un peu d'oxyde ou de carbonate de cobalt à la pâte et même à la couverte.

2° Tournage et calibrage mécanique;
3° Moulage;
4° Coulage:
5° Pressage.

Le tournage et l'ébauchage ne sont plus employés que pour les pièces de fantaisie, dont le faible débit ne compenserait pas la fabrication d'un matériel nécessaire au façonnage mécanique ou dont la forme serait trop compliquée.

Le façonnage mécanique sert à presque toute la fabrication. Comme la pâte est peu susceptible, on opère avec une grande rapidité. Suivant la forme des pièces on travaillera à la croûte ou à la housse. Le travail se fait facilement, car on peut manœuvrer la pâte à la main sans crainte d'accidents.

Le matériel des faïenciers est moins compliqué que celui des porcelainiers.

Voici, par exemple, comment on procède pour faire les assiettes. L'appareil se compose d'une tournette sur laquelle on écrase la balle de pâte pour en faire une croûte et d'une tête de tour qui supporte le moule de l'assiette. Ces deux instruments sont mus mécaniquement. A côté du tour est disposée une bascule qui supporte le calibre qui découpe le profil de l'assiette. Dans certaines fabriques une équipe de trois personnes dessert ce groupe de machines : un ouvrier et deux aides. Le premier aide prépare les balles de pâte et fait les croûtes. L'ouvrier reçoit les moules, prend la croûte à la main, la centre et la calibre. Il dégage alors son tour et pose le moule à côté de lui. Le second aide est occupé à porter les moules au séchoir et à alimenter l'ouvrier de moules secs.

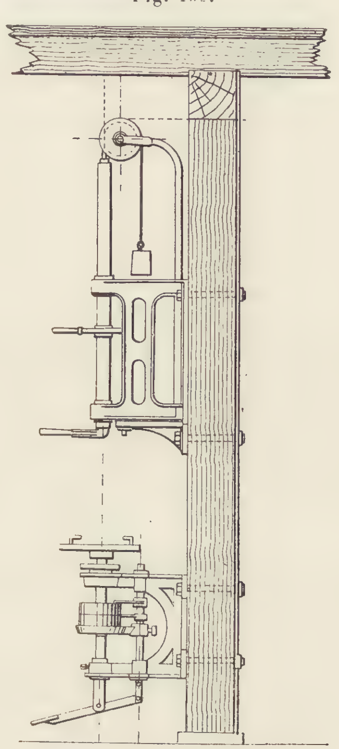
Les assiettes se font rapidement, car une équipe en fait près d'un millier.

L'assiette ainsi faite n'est pas encore terminée, il lui manque le polissage qui enlève les bavures et les irrégularités. Ce travail est confié à des ouvriers spéciaux qui reprennent les assiettes après dessiccation partielle et les usent avec un morceau de corne.

Le calibrage joue un très grand rôle dans ce genre de fabrication; suivant la forme des pièces on procède à la housse ou à la croûte ou encore à la balle.

Les bols dont on fait un très grand nombre ne nécessitent pas une croûte. Leurs dimensions sont assez faibles pour que la balle de pâte soit écrasée par le calibre bien uniformément sur les parois du moule. Pour avoir un bon rendement de l'appareil calibreur il faut éviter le plus possible les temps d'arrêt, aussi les ouvriers sont-ils aidés par des gamins dont le rôle est de

Fig. 132.



préparer les balles, d'apporter les moules secs et d'enlever les moules garnis de pièces façonnées.

La rapidité du travail est considérable, ainsi un faiseur de bols en produit aisément 2000 dans sa journée.

A côté du tour ordinaire, avec girelle disposée pour recevoir les moules, on trouve aussi des tours mécaniques dont la girelle a la forme d'un plateau. Ces tours sont dits *tours à plateau*.

Trois pièces, munies de vis de pression, disposées symétriquement par rapport au centre servent à centrer les moules que l'on dispose sur le plateau. Ce genre d'appareil s'emploie de préférence pour faire de grandes pièces, telles que les soupières, dont les moules seraient difficilement maintenus dans le creux des têtes de tours ordinaires. Le moule d'une semblable pièce est déjà volumineux ; il comprend trois parties qui peuvent s'assembler sans compter la pièce qui fait le fond. Pour disposer l'appareil on place d'abord au centre une petite pièce recouverte d'une toile ; elle servira à faire le dessous du pied. Ensuite on pose le moule et on le fixe au moyen des vis de pression. Il ne reste plus qu'à introduire une housse ou croûte de forme convenable et à faire tourner l'appareil en descendant le calibre. Cette série de manœuvres semble longue et compliquée, elle ne dure pourtant pas 3 minutes avec des ouvriers exercés.

Certaines formes compliquées exigent un façonnage spécial. Ainsi parfois on fait la pièce en deux morceaux que l'on réunit ensuite par collage.

Les corps de lampes sphériques sont faits au calibrage par travaux successifs. On fait d'abord le creux dans une masse de pâte qui est ensuite amenée à la forme sphérique extérieure par tournassage.

Moulage. — Les pièces qui ne sont pas de révolution ne se prêtent pas au calibrage mécanique ; elles nécessitent alors le moulage. On est parfois obligé d'opérer le moulage en plusieurs parties et de raccorder ensuite les différents morceaux.

Des objets dont la forme est limitée par des plans, comme certains modèles d'écritoires, se font très bien en collant les unes aux autres des plaquettes moulées au format voulu. Le travail ressemble à celui que l'on exécute dans certains objets en bois, avec cette différence que les morceaux peuvent adhérer directement par la seule addition de barbotine.

Coulage. — L'introduction du coulage a été d'une grande utilité pour la faïencerie. En opérant ainsi on a pu faire facilement des pièces de forme difficile et obtenu d'une seule venue

des objets qui ne pouvaient s'obtenir que par collage de leurs diverses parties. Les industriels ont trouvé, en outre, un grand avantage à ce genre de façonnage; les ouvriers mouleurs ont été remplacés par des femmes, des apprentis dont le salaire est bien moins élevé.

Des pièces telles que saucières, christs en croix, etc. se réussissent facilement. La suppression des raccords est précieuse à un double point de vue. D'abord elle simplifie et accélère le travail, ensuite elle supprime les accidents qui peuvent se produire à l'endroit du collage.

Fabrication des plaques de faïence. — Tout le monde a certainement vu des peintures en bleu sur plaques de faïence. C'est ce qu'on appelle le genre Delft.

Les plaques atteignent même souvent de grandes dimensions et la fabrique de Mettlach s'est acquise une réputation dans ce genre de tableaux. La fabrication de ces plaques se fait bien par coulage, et l'on en produit un certain nombre ainsi, mais un mode de façonnage plus ancien, que nous allons décrire, est encore en vigueur.

On prend un bloc de pâte parallélépipédique dont la plus grande surface doit être plus grande que les plaques à obtenir. Ensuite on unifie à petits coups la surface en se servant d'un tampon garni de peau. Ce travail préliminaire une fois effectué, on pose un calibre sur la masse et l'on coupe avec soin l'excédent de la pâte sur les quatre côtés.

On a ainsi un parallélépipède à base rectangulaire. Contre les côtés les plus longs on place des règles de bois, superposées, de l'épaisseur de la plaque à obtenir en cru. Au moyen d'un fil, tendu sur un archet, on enlève d'abord la première couche de pâte excédente, puis on détache une première tranche après avoir enlevé les deux premières règles. Le fil a découpé une couche de pâte destinée à faire la première plaque. Il n'y a plus maintenant qu'à répéter la même manœuvre, c'est-à-dire à enlever une règle de chaque côté et à faire passer le fil dans le bloc en s'appuyant sur la face des piles de règles restantes. L'enlèvement de ces plaques ne doit pas se faire à la main; on les

pince, une fois coupées, entre deux règles plates et on va les poser sur une plaque de plâtre bien dressée, où la pâte commence à se raffermir. Avant que la dessiccation ne soit complète on les bat sur un marbre plani afin de les redresser, car elles prennent toujours un peu de gauche pendant que le séchage s'opère.

Cuisson. — La faïence fine subit deux fois l'action de la chaleur. La première cuisson donne le biscuit de faïence fine. Le biscuit est de la faïence complètement cuite à laquelle il ne manque que sa glaçure. Le biscuit est ensuite émaillé et reçoit un second feu; cette deuxième cuisson s'effectue à une température moins élevée que la première cuisson.

On peut estimer que la température de cuisson du biscuit est comprise entre la fusion des montres 3 et 10 de Seger, soit de 1200° à 1300°.

Dans ce genre d'opérations il faut tenir compte aussi d'un facteur important, c'est le temps. Cuit trop rapidement et refroidi brusquement, le biscuit sort du four avec un déchet considérable. Le contraire a lieu pour la cuisson de l'émail qui demande au contraire à être menée plus rapidement si l'on veut avoir une surface brillante. La température de cuisson de l'émail ne dépasse pas ordinairement la montre 3.

Les fours à faïence fine sont cylindriques à axe vertical. Les plus anciens sont à flamme directe, les plus récents à flamme renversée.

Ce système de fours présente un grand inconvénient déjà signalé auparavant; les gaz chauds doivent se diviser en deux à leur entrée dans le four pour répondre à l'intention du constructeur.

Il y a un point délicat dans la construction, c'est la détermination du rapport de ces deux canaux; ce rapport est difficile à déterminer théoriquement à cause des nombreuses variables et que l'expérience peut seule permettre de déterminer par suite de tâtonnements. Aussi dans beaucoup de ces appareils s'est-on contenté de copier d'autres fours de bon fonctionnement. Les copies, par suite d'erreurs ou de différentes conduites du feu,

n'ont pas toujours donné les résultats attendus et l'on a reproché à ces appareils leur irrégularité pendant la cuisson, la flamme passant surtout dans celui des canaux lui offrant le moins de résistance.

On a employé aussi pour chauffer le centre un dispositif un peu différent. Au lieu de demander aux alandiers de fournir deux courants de gaz chauds, on a préféré confier à un alandier spécial le soin d'amener la flamme au centre du four.

On a dans les fours à flamme renversée gardé la disposition indiquée à propos des fours anglais; il en résulte une assez grande complication dans la construction sur laquelle nous avons déjà insisté (p. 224).

Certains faïenciers, frappés de la difficulté de la conduite de leur four, ont supprimé le carneau horizontal, envoyé la flamme directement dans le four et ont établi leurs carneaux de sortie dans la sole. Bien conduits, des fours ainsi établis ont donné de bonnes cuissons, sans accidents, régulières du centre à la périphérie. On a aussi adopté des alandiers spéciaux pour chauffer le centre dans certains fours.

Pour cuire le biscuit il n'est pas nécessaire de recourir à un encastage compliqué. On encaste en gazettes fermées. Pour tenir le moins de place possible on remplit les grandes cavités avec de petits objets. L'adhérence n'est pas à redouter.

Pour la cuisson du biscuit il n'en est plus de même, il faut séparer les pièces les unes des autres afin d'empêcher le collage des surfaces en contact. Autrefois on cuisait les assiettes horizontalement, empilées dans des gazettes cylindriques et séparées les unes des autres par des pattes de coq, c'est-à-dire des tétraèdres à sommets très effilés et à surfaces concaves. Il ne reste du contact de ces isolateurs que des points imperceptibles. Maintenant on place les assiettes de champ dans des gazettes rectangulaires. Au fond de la gazette on dispose deux longs prismes triangulaires de terre réfractaire, reposant sur une de leurs faces et placés parallèlement. Les assiettes s'appuient alors sur les deux arêtes supérieures. Pour les maintenir dans une position presque verticale on a imaginé divers dispositifs. Certaines fabriques les retiennent au moyen d'une longue plaque de

terre réfractaire, munie de dents comme une scie. Le bord de chaque assiette occupe le creux qui sépare deux dents. On se sert aussi de dés pouvant entrer les uns dans les autres et munis d'un ergot à arête tranchante. Ces dés sont enfilés les uns dans les autres et l'assiette se place entre deux ergots, son bord reposant sur l'arête.

Les pièces profondes de grande surface se mettent dans des gazettes circulaires et cuisent retournées. Leurs bords reposent sur les arêtes de prisme de pâte fichés dans les parois.

Toutes les séparations de pièces empilables se font au moyen de supports en terre réfractaire. Ces supports ont reçu des noms différents d'après leur forme (*voir* p. 204).

On fait ce matériel isolant à la machine. La presse à choc, utilisée pour cette fabrication, est du genre des appareils dont nous parlerons à propos de la porcelaine pour usages électriques. Ces diverses pièces sont moulées et l'on arrive à les obtenir avec des pointes suffisamment vives en ménageant des orifices de sortie pour l'air pendant la compression. En débitant d'abord la pâte, qui sert à la confection de ce matériel, en colombins et en coupant ces derniers en morceaux de longueur convenable, on accélère considérablement la production. Les moules sont en deux pièces. On les graisse, on introduit la terre, puis on rabat brusquement la pièce mobile. A la presse la production atteint 3000 colifichets, par exemple, en une journée.

Glaçures. — La couverte de faïence fine se pose sur biscuit. On émaille au trempé.

L'ouvrier chargé de poser l'émail trempe ses pièces dans la cuve d'émail, en employant souvent une pince semblable par sa forme à une pince à asperges et munie de dents à l'extrémité de ses branches. Il évite ainsi le contact des doigts avec le biscuit, ce qui amènerait des manques d'émail.

L'émailleur est servi par des aides qui lui amènent le biscuit et le débarrassent des objets émaillés. Il donne généralement deux mouvements de rotations inverses à la pièce maintenue avec la pince : un en la plongeant et un autre en la retirant.

L'émail s'égalise et celui qui est en surplus s'écoule. Les pièces émaillées sont placées sur des tringles formant égouttoir, puis emportées. Le contact des pièces émaillées avec ce support est sans importance.

Le travail de l'émailleur est extrêmement rapide, aussi un seul ouvrier suffit-il à une très grande production.

Les couvertes de faïence fine mettent à contribution du cornish-stone ou du feldspath, du kaolin, des matériaux siliceux, du borax ou de l'acide borique, du minium ou de la céruse, des alcalis à l'état de carbonates et de la craie. Ces différentes matières conduisent à la formation d'un verre silico-boracique à base d'alcalis, d'oxyde de plomb, de terres alcalines et d'alumine.

Il est nécessaire pour le broyage d'amener le mélange sous forme insoluble. On fritte d'abord les matériaux solubles (borax, carbonate de soude) avec des matières siliceuses, alumineuses, calcaires et plombeuses qui forment alors une masse insoluble. On ne fritte pas toute la couverte et, après avoir brisé la fritte, on la broie avec le complément de matières nécessaires pour former la glaçure complète.

Ainsi on pourrait préparer une glaçure de la manière suivante :

Fritte	82
Minium	7
Feldspath	10

La fritte est faite avec :

Feldspath	35
Sable siliceux	18
Minium	16
Borax	22
Kaolin	3
Craie	6

Ce frittage (c'est presque une fusion) se fait dans un four coulant à réverbère.

Nous n'avons examiné jusqu'ici que la faïence fine en général; nous allons donner quelques détails plus spéciaux sur sa fabrication dans diverses régions.

§ 1. — Fabrication anglaise.

Les argiles réfractaires anglaises, propres à faire de la faïence fine, proviennent du Dorsetshire en grande partie. Ces argiles, d'après les géologues anglais, appartiennent au terrain tertiaire (éocène). La première qualité de ces terres possède une teinte gris bleuté uniforme; elle est plastique. Au toucher elle est douce et onctueuse; elle ne craque pas sous la dent. A la cuisson elle devient blanche. Elle est alors dure et compacte; sa cassure est serrée, elle happe alors à peine à la langue. Elle résiste très bien au feu du four à biscuit. Cuite au feu oxydant à une température telle que celle du four à biscuit, elle gagne encore de la dureté.

L'argile est peu ferrugineuse et la silice libre qu'elle contient est à un degré de finesse remarquable. Le dépôt renferme presque partout des nodules de pyrites dont l'élimination renferme beaucoup de soins.

On emploie aussi des argiles du pays de Galles, de l'Écosse et du Devonshire. Les propriétés de ces matières plastiques ne s'écartent pas beaucoup de celles de l'argile du Dorsetshire.

Le kaolin forme en Angleterre des gisements considérables, principalement dans les Cornouailles; il cuit blanc. La plasticité de celui qu'utilisent les faïenciers n'est pas très développée. Le rôle du kaolin n'est pas d'augmenter la plasticité de la pâte; cette matière est là surtout pour apporter de la blancheur à la pâte qui, sans lui, conserverait peut-être une coloration grisâtre après cuisson. Les kaolins anglais sont de deux sortes : la terre forte (*strong potting clay*) et la terre tendre (*weak clay*). La première est la plus plastique; elle cuit dur et blanc. C'est elle que l'on utilise en céramique.

Les Anglais appellent l'argile *clay;* l'argile ordinairement employée est bleue, c'est elle qui est désignée dans leurs *recipe* sous le nom de *blue clay. Red clay* s'applique à des terres ferrugineuses qui entrent dans la composition des pâtes pour lesquelles on n'exige pas une teinte blanche absolument pure. Le terme *ball clay* s'adresse à des argiles blanches. Le kaolin porte le nom de *china clay.*

D'après Lord Playfair (¹), voici ce que contenaient des échantillons de ces argiles :

	Blue clay.	Red clay.	China clay.
SiO^2	46,38	49,44	45,56
Al^2O^3	38,04	34,26	40,76
Fe^2O^3	1,04	7,74	»
CaO	1,20	1,48	2,17
MgO	traces.	5,14	traces.
K^2O / Na^2O	»	»	1,90
H^2O	13,44	1,94	9,61

Tandis que dans la plupart de nos usines on met soigneusement à couvert les provisions de kaolin et d'argile, c'est l'inverse qui se pratique en Angleterre, où on laisse ces matériaux, et surtout les argiles plastiques, exposés à l'air le plus longtemps possible.

Les Anglais mettent en œuvre leurs pâtes à faïence fine le jour même de leur préparation; mais d'autre part ils recherchent, pour former ces pâtes, des kaolins et surtout des argiles plastiques ayant été exposées pendant longtemps à l'air. En suivant cette marche on obtient, à ce qu'il paraît, des pâtes plus homogènes, plus compactes, plus faciles à travailler et des produits plus blancs et plus solides.

Théoriquement les effets de cette exposition ne sont pas tout à fait aussi clairs; cependant on comprend que les sulfures de fer que renferme l'argile du Dorsetshire, et qui sont si nuisibles aux potiers, soient en partie transformés en sulfates ou autres sels, et expulsés ensuite de la masse. On sait d'ailleurs que, économiquement parlant, les meilleures pâtes sont celles qui prennent le moins de retrait à la cuisson, parce qu'elles offrent moins de chances de déformation, de gauchissage et de casse, et comme les pâtes vieilles ayant subi la pourriture prennent beaucoup moins de retrait que les nouvelles, il doit sans doute en être de même, au moins partiellement, pour celles préparées avec des terres vieillies isolément.

Il est généralement admis par les fabricants du Staffordshire

(¹) Charles Binns, *Manual of Practical Potting*, p. 153.

que celui qui néglige cette pratique et veut s'en affranchir s'expose à de mauvais résultats.

Cela s'entend plus particulièrement des argiles ou ball clay. Le kaolin, en raison de sa nature et de son mode de préparation par le lavage et la décantation des pegmatites altérées, a peut-être moins à gagner sous l'influence des agents atmosphériques.

A Tunstall, à Burslem, à Étruria et à Stoke, on voit souvent, sur les bords du canal, des dépôts d'argile plastique ou ball clay et de kaolin, où les fabricants viennent charger au fur et à mesure de leur consommation. Dans les établissements où l'on a à sa disposition une surface suffisante, on dépose ces terres dans la cour, à proximité des ateliers où se fait la préparation des pâtes. Ces dépôts ont lieu sur des aires pavées avec des briques, soit réfractaires, soit ordinaires, mais toujours très dures ([1]).

La silice provient du silex que l'on calcine comme nous l'avons indiqué plus haut.

L'élément fusible, qui donne la cohésion à tout l'édifice, est le *cornish* ou *cornwall stone* dont nous avons déjà parlé. La roche est sous une forme plus commode à travailler que les feldspaths et pegmatites; elle est facile à désagréger et à broyer. Actuellement pourtant, une hausse sur le prix de cette matière se faisant sentir, les manufacturiers pensent à recourir au feldspath.

Les pâtes à faïence fine ont des compositions diverses qu'il est difficile de renfermer dans des limites bien définies. La quantité d'argile à introduire dans la pâte est en rapport inverse de la plasticité; il faut évidemment plus d'argile maigre que d'argile grasse pour obtenir la plasticité désirable pour le façonnage.

La nature des matériaux et la façon dont on cuit la masse interviennent aussi, de sorte que l'on rencontre de grands écarts dans les rapports entre les divers éléments.

	1.	2.	3.	3 *bis*.
Argile plastique	26	21	19	30
Kaolin	26	23	30	30
Silex	30	36	31	25
Cornish-stone	18	20	20	15

([1]) *Description de la fabrication actuelle des faïences fines et autres poteries en Angleterre,* p. 1.

Dans les exemples ci-dessus, qui représentent des pâtes ordinaires anglaises, on voit que les quantités d'argile varient de 20 à 30 pour 100.

Si nous comparons maintenant ces formules à celles des faïences dites *demi-porcelaines,* nous verrons que pour obtenir ces faïences visant à rappeler la porcelaine, dont elles ne possèdent pas la transparence tout en n'ayant pas l'opacité absolue de la faïence fine ordinaire, il est nécessaire d'augmenter fortement la quantité de fondant. Dans certaines compositions on introduit une fritte alcaline, comme dans l'exemple suivant qui représente la formule d'une demi-porcelaine de Longport.

	Fritte.	Pâte 4.
Kaolin	»	500
Silex	12	100
Cornish-stone	»	400
Carbonate de potasse	2	»
Minium	12	»
Bleu de cobalt	1	»
Fritte	»	7

On a supprimé l'argile plastique dans cette pâte; l'addition de la fritte à base de cobalt n'apporte pas une grande fusibilité, mais elle permet de bleuter la pâte et de lui enlever sa teinte jaunâtre. Dans ce genre de pâte on voit que les éléments fusibles ont augmenté aux dépens du silex.

Les terres de fer, les granites ont aussi des pâtes plus pauvres en argile.

	Pâte pour granite. 5.		Pâte pour terre de fer. 6.	Pâte pour terre de fer. 7.
Argile plastique (Blue Clay)	12,6	(Ball Clay)	29	21,5
Kaolin	28,2		21	29
Silex	37,9		12,5	11,5
Cornish-stone	21,8		37,5	38

Ce genre de pâtes diffère notablement des précédents, surtout les terres de fer. Dans la pâte dite *granite,* c'est l'élément siliceux qui a surtout augmenté et l'élément argileux dont la quantité a été restreinte.

Les demi-porcelaines sont riches en cornish-stone et pauvres en silex, il en est de même des terres de fer.

Quand on ne cherche pas à faire des pâtes absolument blanches on peut recourir aux argiles ferrugineuses du genre dit *red clay*. C'est ce que font les fabricants. Ils tirent parti aussi quelquefois des marnes (probablement ferrugineuses) pour composer certaines pâtes teintées. Les compositions suivantes donneront une idée de ce genre de pâte.

	Pâte	
	brune.	jaune.
Argile rouge	84	»
Marne	»	49
Kaolin	12,6	24
Silex	1,7	12
Cornish-stone	1,7	15

Dans la faïence anglaise on trouve aussi des pâtes très siliceuses, qui rappellent le genre du cailloutage. Dans ce cas les matières fusibles disparaissent de la composition de la pâte. La masse en contient toujours un peu grâce aux kaolins; elle ne renferme alors que des produits micacés apportés par les argiles.

Argile plastique	37	32
Argile rouge	»	59
Kaolin	37	23
Silex	26	6

Les deux pâtes précédentes sont de cet ordre; elles n'ont pas de matières fusibles intercalées volontairement. La première, la plus riche en silice, est destinée à la confection des vases poreux, la seconde donne une pâte brunâtre par suite de sa grande teneur en argile ferrugineuse.

Cet édifice complexe, qui constitue la faïence fine, présentera donc une grande série de variétés. Dans les unes, la pâte sera riche en matières vitrifiées et, par suite, formée de grains plus ou moins collés les uns aux autres; dans les autres, les éléments fusibles étant réduits au minimum, la pâte sera au contraire plus poreuse. Enfin, suivant le degré de finesse des matériaux, la

pâte présentera des grains divers, quelques-uns peuvent même donner l'illusion d'une porcelaine non encore vitrifiée.

L'ancienne faïence fabriquée par Josiah Wedgwood sous le nom de *cream colour,* imitée ensuite sur le continent sous celui de *cailloutage,* était composée ainsi :

Pâte	Argile plastique	75	à	85
	Silex ou sable	25	à	15
Glaçure	Sable quartzeux	30	à	40
	Carbonate de soude	15	à	20
	Azotate de potasse	2	à	5
	Minium	35	à	45

On frittait les trois premiers de ces corps, puis on ajoutait le minium.

Les Anglais ont créé depuis un siècle un centre important dans le Staffordshire et cette agglomération ouvrière a été très profitable au développement de cette industrie. Par suite de cette situation particulière, les efforts n'ont pas été isolés. ils se sont faits en commun pour le plus grand avantage des industriels.

Voici la marche des opérations dans la fabrication de la faïence fine anglaise.

Le broyage qui s'effectue à l'eau et encore souvent dans des moulins à blocs, quoique l'invention du moulin Alsing soit déjà ancienne, se fait avec des concentrations différentes suivant les matières. On a adopté dans les usines anglaises des barbotines types qui sont :

Argile plastique	26 onces	à la pinte
Kaolin	24 »	»
Craie	26 »	»
Silex	32 »	»
Cornish-stone	32 »	»
Feldspath	32 »	»

Cette habitude constante en Angleterre permet de désigner les formules de composition en hauteurs de barbotine; nous en avons déjà donné des exemples.

Ces barbotines sont inégalement chargées de matières pulvérisées, ce sont les barbotines argileuses qui sont les plus étendues. Il peut y avoir intérêt à employer les matières fusibles à un grand état de division, aussi dans certaines fabriques le broyage est-il poussé assez loin pour le cornish-stone.

Les fours à flamme directe, employés d'abord en Angleterre pour la cuisson de la faïence et que l'on retrouve encore dans certaines fabriques, sont des cylindres de $4^{m},50$ de diamètre pour le type courant, recouverts d'une voûte dont la clé est distante de la sole de 5^{m}. Les alandiers au nombre de 8 sont disposés symétriquement autour de la périphérie et la flamme rencontre à sa sortie du foyer un canal vertical M, par lequel elle entre directement dans le four, et un second horizontal, courant sous la sole, qui amène au centre E une partie des gaz de la combustion.

Les fours employés en Angleterre ont conservé dans quelques usines la forme primitive que nous avons décrite; l'emploi du four à flamme renversée s'est généralisé. Le modèle original a été transformé sans beaucoup de succès quand on a cherché à donner au four de plus grandes dimensions; le résultat n'a pas toujours répondu à l'attente des constructeurs. Les fours de 7^{m} de diamètre semblent être une limite qu'il ne faut pas dépasser. Quand à la hauteur, il n'y a pas d'intérêt à l'augmenter. On fatigue la gazetterie en donnant plus de hauteur aux piles.

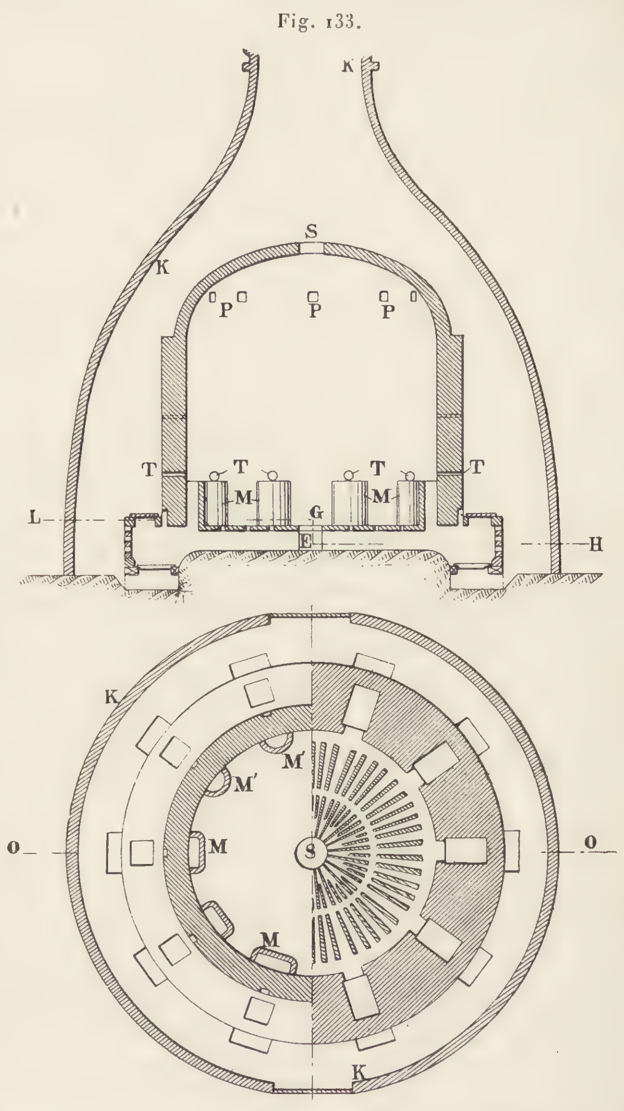
Les fours anglais sont protégés par une enveloppe circulaire K, le *hole,* qui empêche les coups de vent. Ces holes ont généralement la forme représentée ici (*fig.* 133), ils sont aussi parfois coniques. L'utilité de cette enveloppe se comprend quand on examine la construction du four anglais; le four original n'a pas de cheminée. Les flammes sortent en P et S.

Divers essais ont été faits en Angleterre; Lambert en signale un certain nombre.

On cuit aussi la faïence dans des fours analogues au four Bosch que nous décrivons plus loin. La flamme, après être montée au sommet, redescend par le centre du four, pénètre sous le pavement pour s'en dégager par des cheminées se trouvant entre chacun des alandiers.

La cuisson d'un four moyen en biscuit dure de 30 heures à 40 heures avec une dépense de 10ᵗ de charbon. Celle de l'émail

Fig. 133.



est de 12 heures (dans des fours plus petits) et consomme seulement 4ᵗ. La figure 133 montre l'ancien four à flamme directe.

La nature de la faïence anglaise, faïence plus vitrifiée que celle du continent dans certaines variétés, paraît avoir une influence sérieuse sur certaines de ses propriétés. Les essais faits jusqu'ici, avec les moufles continus pour la cuisson du décor, n'ont pas toujours été satisfaisants. S'il ne faut pas attribuer tous les insuccès à l'inexpérience de ceux qui manœuvraient ces moufles, c'est que la pâte semblerait incapable de supporter l'échauffement assez brusque et le refroidissement rapide qui accompagnent l'emploi de cet appareil.

Les couvertes anglaises se composent avec des matériaux qui n'ont rien de particulier. Au lieu du feldspath que l'on emploie souvent sur le continent, les Anglais ont recours au cornish-stone ; le plomb est presque toujours introduit sous forme de céruse.

Les pâtes que nous avons prises comme types peuvent recevoir les glaçures suivantes :

	Fritte.				Glaçure.		
	1.	2-5.	3.		1.	2-5.	3.
Cornish stone.	80	»	90		210	45	95
Silex	115	»	60		45	25	»
Borax	140	»	80		»	»	»
Kaolin	25	»	16		»	15	»
Craie	70	»	40		»	»	25
				Fritte	350	»	250
				Céruse	135	100	140
				Flint glass	»	5	»

Dans la couverte 2 se trouve une anomalie.

L'acide borique manque, c'est un simple silicate polybasique que l'on emploie sans frittage préalable. Cette formule est ancienne et peut donner une idée des premières glaçures employées sur la faïence fine.

	Fritte.			Glaçure.	
	4.	6-7.		4.	6-7.
Cornish stone	80	25		210	32
Silex	115	20		»	32
Borax	140	38		»	»
Kaolin	25	15		»	»
Craie	70	18		»	»
			Fritte	350	160
			Céruse	135	57

En dehors de ces compositions où il entre du plomb, on a essayé et employé des couvertes non plombeuses en Angleterre, comme le témoignent les formules suivantes :

Borax	90	60	30	On fritte avant l'emploi.
Feldspath	40	»	30	
Cornish-stone	»	36	»	
Silex	38	60	15	
Flint glas	36	»	»	
Kaolin	»	»	5	
Carbonate de baryte	»	»	5	
Craie	»	»	20	

Pour la dernière glaçure, on prend :

Fritte	80
Kaolin	15
Feldspath	5

§ 2. — Fabrication continentale.

Les fabriques qui sont peu éloignées de la Belgique, tant en France qu'en Allemagne, ont recours souvent aux matériaux anglais. Dans certains établissements même on ne travaille exclusivement que des produits venus d'Angleterre.

Sur le continent on trouve facilement des argiles de bonne qualité. En France, dans le bassin de la Marne, notamment dans le bassin de la Seine, dans les Ardennes on rencontre de bonnes terres. Dans le Rheinland on s'approvisionne aussi d'argiles réfractaires régionales provenant du Palatinat bavarois (Grünstadt) et de la vallée du Rhin et de la Sarre. Le terrain dévonien qui forme une grande partie de la région est riche en argiles réfractaires.

Les kaolins anglais peu plastiques font une concurrence aux kaolins français de seconde qualité sur le continent lui-même, de sorte que suivant la distance des usines aux gisements on trouve dans les faïenceries soit du kaolin du pays lui-même, soit du kaolin anglais.

Il en est de même du cornish-stone. Cette matière est prise

de préférence au feldspath toutes les fois qu'il est possible de se la procurer sans trop de frais. Dans le cas contraire c'est le feldspath que l'on introduit dans la pâte pour servir de matière fusible.

Le silex est facile à se procurer en France et il est d'assez bonne qualité pour que ce soient les pays voisins qui viennent s'approvisionner de galets des côtes normandes (Dieppe, Saint-Valery).

Dans certaines pâtes on introduit la silice à l'état de sable siliceux. Cette manière de former la pâte est inférieure à la précédente, car le sable quartzeux, soumis à l'action de la chaleur, subit des transformations qui fatiguent la masse et peuvent provoquer des accidents (déformations, ruptures).

Enfin quelques faïenciers ont gardé l'habitude d'introduire de la chaux dans leurs pâtes, ce qui n'offre pas d'avantages.

La faïence fine a été précédée en France par le cailloutage et la terre de pipe. Le premier était fait avec une pâte argileuse et siliceuse telle que :

Argiles de Montereau et de Provins....	»	63
Argile de Montereau..................	87	»
Quartz...............................	13	27

Le rapport des matériaux plastiques et dégraissants était déterminé par la plasticité que devait posséder la pâte.

La terre de pipe eut recours à une troisième substance pour former sa pâte, la chaux ou une fritte alcaline. C'est le premier type qui fut créé; le cailloutage ne vint qu'ensuite. Ordinairement on incorporait de la craie à la pâte; on connaît cependant des exemples de pâtes à fritte.

La faïence fine ordinaire ne contient pas de chaux habituellement, pourtant certaines fabriques ont dû conserver cette matière dans leur pâte, car dans l'Ouvrage de Tenax (Prössel) [1] tous les exemples de faïence fine qu'il cite sont calcarifères, soit que la chaux provienne de craie ajoutée intentionnellement, soit qu'elle soit introduite à l'état de marne.

---

(1) *Die Steingut und Porzellan Fabrication.*

Pâtes de faïence fine.

	12.	13.	14.	15.	16.	17.
Argile blanche de Wallendar.....	21	»	»	»	»	»
Argile plastique................	»	15	60	40	65	40
Kaolin de Albsheim..............	31	»	»	»	»	»
Kaolin..........................	»	10	5	30	»	15
Craie...........................	17	»	10	»	»	»
Marne...........................	»	25	»	»	»	»
Silex...........................	31	45	20	12	25	30
Tessons de biscuit..............	6	5	»	»	»	»
Feldspath.......................	4	»	5	18	»	»
Cornish-stone...................	»	»	»	»	10	15

Les pâtes 12, 13 et 14 sont citées par Tenax.

La pâte 15 a été utilisée à Creil.

Les pâtes 16 et 17 proviennent de l'usine Keramis, à la Louvière (Belgique).

Dans certaines fabriques françaises on traite la fabrication un peu différemment de ce que nous avons indiqué. La pâte est très siliceuse et le seul fondant que l'on introduise provient des éléments micacés ou feldspathiques apportés par les matières premières elles-mêmes.

Les matières premières sont, par exemple : de l'argile réfractaire, du kaolin, du silex et du sable de Decize.

Le kaolin provient de deux sources : l'Allier et l'Angleterre. Le kaolin provenant de l'Allier est ferrugineux ; cuit seul il prend une teinte jaunâtre. On le mêle au kaolin anglais pour obtenir une pâte satisfaisante. Ce kaolin de l'Allier, pris comme exemple, peut être considéré comme contenant :

Kaolinite..............................	75
Mica...................................	10
Quartz.................................	15

le kaolin anglais renferme :

Kaolinite..............................	87
Mica...................................	5
Quartz.................................	8

Quant au sable de Decize il renferme jusqu'à 25 pour 100 de mica. La pâte constituée avec de semblables éléments contient donc par elle-même une certaine quantité de matières fusibles, suffisante pour coller ensemble les grains siliceux et argileux.

Les kaolins micacés, peu plastiques, sont indiqués pour la fabrication de la faïence fine. Il y a en France plusieurs gisements (Cher, Allier, Bretagne).

Tous les sables du genre de celui de Decize peuvent aussi entrer dans la composition de pâtes de cet ordre.

La préparation des glaçures ne présente rien de spécial. Suivant que l'on a du cornish-stone ou du feldspath à sa disposition on se sert de l'une ou de l'autre de ces substances.

Voici les glaçures correspondant à quelques-unes des pâtes que nous avons indiquées :

	Frittes.					Couvertes.				
	12.	13.	14.	15.	16-17.	12.	13.	14.	15.	16-17.
Feldspath....	35	16	24	25	15	10	16	11	13	25
Sable........	18	29	20	»	30	»	»	11	23	»
Minium......	16	»	»	20	»	»	»	»	»	»
Borax.......	22	29	35	40	30	»	»	»	»	»
Kaolin.......	3	10	6	»	»	»	»	»	»	»
Carbonate de potasse....	»	»	3	»	»	»	»	»	»	»
Craie........	6	15	12	20	15	»	»	»	»	»
Chaux vive...	»	»	»	19	»	»	»	»	»	»
Litharge.....	»	»	»	19	»	»	»	»	»	»
Cornish-stone	»	»	»	»	10	»	»	»	»	»
Céruse......	»	»	»	»	»	8	26	13	»	25
Fritte..						82	58	65	62	50

La cuisson du biscuit et de l'émail se fait dans des fours de même type, mais parfois on cuit l'émail dans des fours de dimensions moindres. On peut, par exemple, choisir les rapports des capacités de manière à ce qu'avec l'augmentation d'encastage un four de biscuit puisse garnir deux fours d'émail. Ainsi un four de 150^{m^3} et deux fours de 115^{m^3} réalisent ces conditions.

Alors que les Anglais n'ont pas exagéré la hauteur de leurs

fours on trouve sur le continent des fours qui ont jusqu'à 7^{m} de hauteur, ce qui oblige à construire des piles très hautes et nécessite une gazetterie très solide.

Les grands fours ont 7^{m} de hauteur et 5^{m} de diamètre. Quelquefois même jusqu'à 6^{m}. Cette disposition a été renversée par les constructeurs et l'on rencontre des fours de 5^{m} de hauteur avec un diamètre allant jusqu'à 7^{m}. Cette disposition est préférable à la précédente.

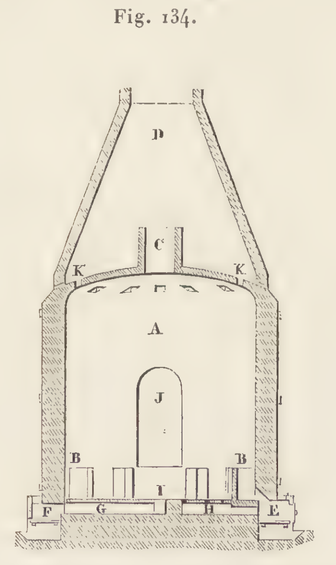
Les fours à faïence sont presque tous maintenant à flamme renversée.

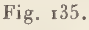
La durée de la cuisson et la dépense de combustible sont variables avec le modèle de four et le genre de fabrication.

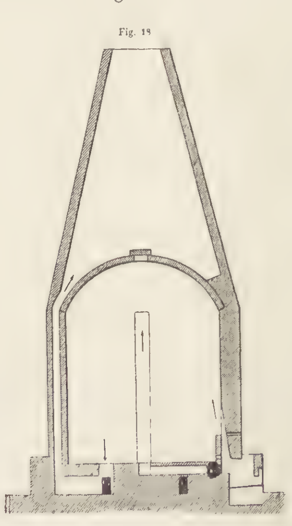
Un four à biscuit ayant 10 foyers et un diamètre et une hauteur de 5^{m}, brûle pendant 48-50 heures $13^{t},5$ environ. Ces chiffres représentent des valeurs moyennes, car on cuit dans certaines usines des fours plus grands en un temps moindre.

Nous avons déjà cité un exemple de vieux four à faïence à cuisson directe; nous le reproduisons ici comme terme de

Fig. 134.




Fig. 135.



comparaison. A côté de fours analogues aux fours anglais à flamme renversée (*fig.* 71, p. 224), on utilise encore des

fours qui sont comme une transformation de ce four dit de Creil et Montereau.

Le four de Bosch diffère de l'ancien four à flamme directe en ce que les flammes n'ont d'issue que dans des carneaux placés sur la sole. La flamme remonte le long du four dans des cheminées ménagées dans la maçonnerie au lieu d'aller directement à une cheminée extérieure.

On a essayé, et avec succès, de cuire la faïence en fours continus. Le procédé, délicat pour le biscuit qui peut mal se trouver d'échauffement ou de refroidissement un peu brusque, semblait plutôt pratique pour l'émail; on est arrivé néanmoins à cuire les deux dans des fours de ce genre.

Le four construit par M. Faugeron pour l'usage de la Société de Creil et Montereau est constitué par un tunnel en ligne droite que doivent traverser les produits à cuire. Les pièces sont placées sur des wagons qui parcourent le tunnel dans toute sa longueur; au milieu se trouve le foyer.

Pour protéger le matériel roulant le plus possible, les flammes ne traversent le tunnel que dans la partie supérieure où elles rencontrent le matériel à cuire. Les murs inférieurs sont resserrés jusqu'à la plate-forme des wagons; on évite ainsi de détériorer les engins.

Le courant d'air est établi de manière à traverser le four de la sortie à l'entrée; il s'échauffe sur les produits cuits qu'il aide à refroidir et vient échauffer les wagons à cuire avant de sortir du tunnel. Le foyer est double et comprend deux installations de grilles placées l'une en face de l'autre (1).

Le four a reçu tout récemment des modifications, comme l'atteste l'addition au brevet allemand sous le n° 119516. Cette modification a pour but de diminuer et même d'empêcher l'arrivée immédiate des gaz sortant des chambres de refroidissement dans la partie où s'effectue la combustion (2).

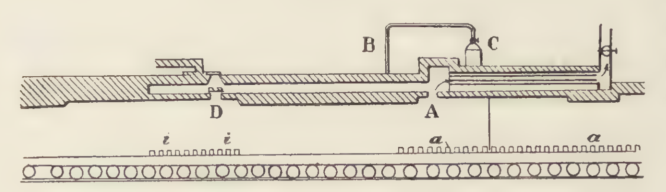
Le but proposé est atteint par un dispositif qui aspire l'air et l'amène dans la partie en feu. Un tube, alimenté par un courant

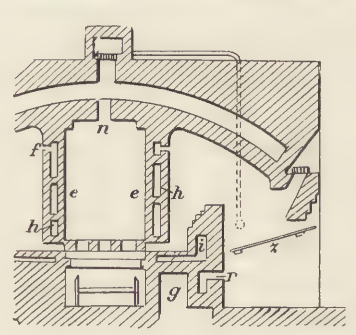
(1) *Tonindustrie Zeitung*, 1899, p. 1211 et *M. S. I.*, 1899, p. 284.

(2) *Tonindustrie Zeitung*, 1901, n° 57, p. 907.

de vapeur, vient déboucher de chaque côté du four dans les canaux *t*. De l'air entre par *a*, refroidit les produits et s'engage dans *v* et *r*, puis débouche sous *z*. Une autre partie de l'air atmosphérique suit le canal *i*, de là passe dans *g* et *h* et entre par *f* dans la chambre de combustion. La traversée des canaux *r*

Fig. 136.





et *i* est réglée par des registres. On peut alors amener un rapport convenable entre l'air sortant de la partie en refroidissement et celui qui passe dans le laboratoire.

La vapeur nécessaire à l'envoi de l'air est fournie par une chaudière à vapeur C, chauffée par les gaz chauds passant par les tubes qui la traversent.

Quand le four est mis en activité, il n'y a pas de wagons à refroidir; on ferme le canal du four par une cloison en briques (figurée par un trait entre *a* et *a*) et l'on ouvre A, afin qu'une partie des gaz chauds puisse servir à chauffer la chaudière. Une fois cette dernière en pression, on abat la cloison et l'on fait jouer les injecteurs. Quand on a un nombre suffisant de wagons en refroidissement on ferme *n*. La marche normale est établie.

La description donnée ici est tirée des renseignements fournis

par le brevet. Depuis l'auteur a apporté des modifications de détails tendant à améliorer le fonctionnement. Cet appareil est utilisé à la faïencerie de Montereau depuis plusieurs années avec un plein succès. D'autres fabriques en ont également construit.

Le four Sturm, cité précédemment (p. 233), a été essayé aussi pour la cuisson de la faïencerie; il montre une délicatesse de fonctionnement plus grande. Nous avons fait ressortir déjà les avantages d'un four tunnel sur un four à sole tournante annulaire.

IV. — FAÏENCES ARCHITECTURALES.

Sous ce titre nous comprenons les différents produits utilisés dans la construction et formés d'une pâte à texture poreuse recouverte d'une glaçure. Il est plus logique, pour être d'accord avec notre classification, de ranger dans les faïences ce genre de produits que d'aller le placer à côté des terres cuites.

A côté de ces produits vient se placer maintenant toute une fabrication de terres cuites émaillées pour l'architecture, fabrication qui s'est développée surtout dans les pays obligés de construire avec de la terre cuite, par suite du peu de fréquence des gisements de calcaire bon pour la construction.

§ 1. — Terres cuites émaillées.

Depuis fort longtemps on emploie les briques émaillées, la frise de Darius est un exemple du parti que l'on peut tirer de la terre cuite émaillée en couleurs.

On peut soit appliquer sur les briques une composition fusible (du genre de celles que nous avons indiquées) après addition d'un colorant, soit recouvrir la brique par engobage et poser une glaçure transparente.

Les glaçures sont incolores ou colorées. Les premières laissent naturellement apercevoir la couleur de la pâte, les secondes donnent une coloration plus ou moins modifiée par la couleur du support. Les pâtes peu colorées offrent plus de ressources

que les pâtes franchement rouges. On peut leur appliquer des glaçures rouges, brunes, vertes, bleues. On introduira alors dans la couverte des oxydes de fer, manganèse, cuivre ou cobalt. Une glaçure incolore rehaussera la couleur de la pâte et lui donnera une coloration jaunâtre. Si la pâte est colorée en rouge les ressources colorantes sont diminuées, et les tons verts et bleus seront moins facilement applicables. Le blanc ne s'obtiendra qu'avec des glaçures opaques. L'emploi de l'oxyde d'étain est tout indiqué pour la préparation de couvertes blanches. Ces différentes glaçures peuvent être plus ou moins intenses et présenter des tons plus ou moins francs. On pourra combiner les colorants pour obtenir d'autres nuances. C'est ainsi qu'un mélange d'oxydes de fer, de manganèse et de cobalt donnera du noir, s'il est fait dans des rapports convenables.

La nature des glaçures aura son influence également au point de vue du développement de la tonalité. Nous reviendrons sur cette question en parlant de la décoration. Parfois on utilise des glaçures opaques légèrement teintées.

L'emploi d'engobes permet également de résoudre la question de la coloration des terres cuites vernissées.

Les autres pièces de terre cuite s'émaillent également; telles que les tuiles, les carreaux et les motifs de sculpture.

La pose de la glaçure se fait, pour les briques, par immersion; parfois aussi par arrosement. Ce dernier procédé est commode à employer pour les tuiles et les carreaux. Quand il s'agit de pièces présentant des formes moins régulières et de plus grandes dimensions que les précédentes, on a recours à la pose au pinceau.

Quand cela est possible on pose la glaçure sur cru, c'est le cas général pour les pièces de peu de valeur. Dans certains cas on a recours à la pose sur pâte cuite. Ce dernier mode est employé le moins souvent possible; il est d'un prix de revient plus élevé puisqu'il oblige à opérer avec deux feux.

La cuisson de ces faïences émaillées demande plus de soin que celle des simples terres cuites. Il faut d'abord éviter le contact du combustible avec les matières, il est nécessaire aussi d'adopter un enfournement empêchant toute adhérence des pièces les

unes aux autres. La nature de l'atmosphère des fours a aussi son importance; les réductions sont à éviter avec une glaçure plombeuse.

§ 2. — Carreaux de faïence.

Le simple carreau de terre peut recevoir des compositions vitrifiables colorées ou incolores; on le traite alors comme nous l'avons dit en parlant des terres cuites émaillées. A côté de cela il existe des fabrications un peu différentes dont il est intéressant de parler.

Le carrelage céramique a reçu des décors très variés et les spécimens de l'art oriental que nous connaissons indiquent une certaine recherche dans l'ornementation en couleurs. Les Arabes ont importé en Europe leur goût et leurs procédés pendant leur occupation de l'Espagne. Actuellement encore, sous le nom d'*azulejos,* on fabrique des carreaux très recherchés pour orner les intérieurs. Les azulejos sont principalement décorés avec des lustres hispano-mauresques.

Le carreau de terre reçoit quelquefois des décors en engobes colorés que l'on recouvre d'émail.

On emploie aussi le carreau blanc à émail stannifère, c'est-à-dire en faïence à glaçure opacifiée par l'oxyde d'étain. Ce carreau se fait comme le carreau de terre ordinaire, il reçoit en plus une glaçure que l'on pose par arrosement. Ce produit a eu beaucoup d'emplois, mais il est détrôné par le carreau de faïence fine que l'on fabrique maintenant avec des ornementations extrêmement variées.

Le carreau de faïence fine se fait à sec. La pâte qui sort du filtre-presse est desséchée. Pour cela on lui fait traverser un séchoir. On se sert parfois de séchoir en forme de tunnel dans lequel s'engage une voie ferrée. On pose les balles de pâte sur les plates-formes de wagonnets qu'on laisse séjourner dans l'appareil le temps nécessaire pour la dessiccation. Le même résultat peut être obtenu en plaçant la pâte sur des étagères à tablettes creuses et parcourues par un courant de vapeur qui les porte à une température suffisante.

Si l'on pousse la dessiccation trop loin la pâte manque de

l'humidité nécessaire pour faciliter la cohésion des grains après la pression. Aussi parfois sèche-t-on le plus complètement possible, puis on pulvérise la pâte et on lui ajoute 8 pour 100 d'eau. Le même résultat peut s'obtenir en arrêtant la dessiccation au point voulu; il n'est plus nécessaire d'humidifier la masse à nouveau. La pâte ayant peu de dureté on se sert de pulvérisateurs à grande vitesse, tels que le broyeur Carr.

La presse qui sert au façonnage des carreaux est une presse à vis verticale. La vis est mise en mouvement par un grand volant placé horizontalement à la partie supérieure. Le diamètre du volant mesure de $1^{m},50$ à 2^{m} suivant la grandeur des presses. Le volant est muni de tiges métalliques, placées perpendiculairement à son plan et faisant office de poignées. Ces appareils sont disposés en somme comme les presses à balancier utilisées pour la frappe des monnaies. On peut donner à la masse, contenue dans un moule en fer, une pression de 20000^{kg} et plus par décimètre carré. Cette pression est augmentée pour les carreaux de grande surface. Le travail à la presse est d'autant plus délicat que la surface à presser est plus grande; aussi, dans la fabrication courante, dépasse-t-on rarement 20^{cm} de côté. Les dimensions extrêmes ordinaires sont 6^{cm} et 15^{cm}.

On donne à la pâte sèche versée dans le moule une première pression, puis une seconde. Au moyen d'une pédale on soulève le fond, après avoir relevé le piston, et l'on démoule. La plaque supérieure est ensuite polie légèrement.

Les carreaux sont empilés et portés au séchoir. De leur dessiccation régulière dépend une partie de leur réussite. Mal séchés et mal protégés de l'air humide, les carreaux peuvent s'abîmer à la cuisson. Pour obtenir une masse très sèche, il faut prendre de grandes précautions, car une masse fortement pressée ne perd que lentement l'eau qu'elle renferme. Il faut donc une dessiccation lente et prolongée si l'on ne veut s'exposer à des accidents.

Le carreau peut être coloré par les procédés mis en œuvre pour la faïence fine. Quelquefois les carreaux présentent des reliefs.

Une presse desservie par des ouvriers exercés permet de livrer par jour 2000 carreaux de 12^{cm} de côté.

La fabrication du carreau de faïence fine ne s'effectue pas sans un sérieux déchet, du moins dans beaucoup d'usines. Le façonnage très rapide actuellement gagnerait peut-être en qualité à être exécuté un peu plus posément. A la cuisson les inégalités dans le pressage, dans la dessiccation se traduisent par des fissures dans la masse.

Les pâtes à carreaux s'écartent parfois un peu comme composition des pâtes de faïence fine. La formule suivante représente une pâte anglaise pour carreaux :

Argile plastique	23
Kaolin	27
Silex	40
Cornish-stone	11

On voit qu'elle est pauvre en cornish-stone.

Le carreau se cuit en biscuit, puis en émail. On met les carreaux émaillés dans des gazettes rectangulaires, on les place de champ et l'on pose les carreaux maintenus dos à dos, deux par deux, par une pince en terre réfractaire terminée par deux pointes.

On a donné parfois aux fours destinés à la cuisson des carreaux un dispositif qui diffère un peu de celui que nous avons indiqué à propos de la faïence fine. Le four est construit comme le four à flamme directe, seulement les gaz ne trouvent d'issue que dans des ouvertures ménagées au bas d'une cheminée cylindrique établie sur la sole et débouchant au-dessus de la voûte du four. Les gaz ne peuvent donc sortir qu'après ascension jusqu'à la voûte et descente près de la sole. Lambert (1), un des premiers, a décrit cet appareil que l'on trouve encore en usage sur le continent.

§ 3. — Carreaux de poêles.

En Allemagne, en Suisse, en Russie et dans les Pays Scandinaves on se sert beaucoup des poêles pour le chauffage, alors qu'en France ces appareils n'ont qu'un emploi restreint. Les

(1) *Fabrication de la faïence fine en Angleterre.*

poêles sont construits avec des carreaux. La pâte qui les forme doit être capable de supporter les changements de température; c'est une condition qui n'est pas sans compliquer la fabrication, car, en même temps, la glaçure ne doit ni gercer, ni écailler. Il y a là deux conditions à réaliser qui font de ce genre de fabrication une spécialité.

Les argiles que l'on emploie pour faire les carreaux de poêles sont ferrugineuses; elles prennent, après cuisson, une teinte rougeâtre plus ou moins prononcée. Pour l'accord de la pâte et de la couverte, la présence de craie n'est pas désavantageuse, au contraire. Les poêliers ont constaté depuis longtemps que les tressaillures disparaissaient avec une addition convenable de craie. Aussi, quand les argiles ne renferment pas de calcaire, ajoute-t-on de la craie dans la pâte. L'emploi des marnes était tout indiqué dans cette fabrication, on trouve du reste les marnes comme faisant partie intégrante de la pâte dans beaucoup de formules. Cette action de la chaux s'explique par la variation du coefficient de dilatation de la pâte que produit cette matière.

L'argile de Velten, employée par Feilner, à Berlin, est un type du genre d'argile à employer. Elle renferme, d'après Seger, en chiffres ronds, 20 pour 100 du carbonate de chaux; c'est une argile marneuse. La présence de calcaire dans la pâte, bonne pour l'accord de la pâte et de la couverté, présente des inconvénients au point de vue de la résistance de la masse aux variations de température. Si l'on augmente inconsidérément la teneur en chaux, le carreau devient fragile et se brise sous l'action de la chaleur. Il faut, pour obtenir un bon produit, arriver à saisir le point où, sans donner la fragilité à la masse, on peut faire accorder la pâte et la couverte.

L'argile est lavée pour la débarrasser des grosses impuretés. L'opération se fait très bien dans un délayeur. On tamise l'eau chargée d'argile dans un tamis de 100 à 150 mailles au centimètre carré et l'on reçoit le liquide dans des bassins. En laissant déposer le liquide on peut séparer une partie de l'eau en excès et obtenir l'argile en pâte. Dans de grands bassins peu profonds on arrive à séparer l'argile de la plus grande quantité d'eau qui l'imprégnait. En laissant le dépôt au contact de l'air,

dans un endroit aéré, la dessiccation se continue et l'argile reste à l'état solide. Les fissures, qui se produisent dans la masse, annoncent la fin de la dessiccation. L'emploi du filtre-presse permet d'opérer beaucoup plus rapidement; il n'est pas possible dans les petites fabriques. Les fabriques de poêles de peu d'importance sont tributaires de l'état de l'atmosphère; elles ne travaillent pas pendant la mauvaise saison.

La pâte est composée d'argile et d'une matière dégraissante. On fait, si cela est nécessaire, un mélange d'argiles pour avoir la plasticité convenable. Quand on dispose d'une argile trop calcaire on la mélange avec une terre non calcaire dans le rapport voulu. Les dégraissants sont le sable, ou mieux le ciment, et la craie, quand les argiles ne sont pas calcaires.

Avec des argiles très sèches il est bon de diviser d'abord la masse en menus fragments avant d'effectuer le mélange. Une paire de cylindres suffit très bien pour diviser l'argile. La poudre d'argile est mêlée ensuite aux dégraissants, mouillée et, après que l'eau a pénétré la masse, soumise au malaxage.

La fabrication de ciment serait coûteuse pour les poêliers, mais ils ont toujours une source de ciment dans les débris de gazettes et de biscuit des poêles.

L'introduction du ciment est bonne pour faire une pâte qui doit être chauffée; sa grosseur de grains est à proportionner au genre de produits fabriqués.

La composition des pâtes destinées au façonnage des carreaux de poêles varie avec les fabricants; elle est sujette aussi à la nature des matériaux employés. L'émail doit s'accorder avec la pâte et cette dernière doit être capable de supporter des changements rapides de température sans ruptures.

Voici un exemple d'une de ces pâtes. La formule est déjà ancienne; elle est citée par Brongniart [1] :

Argile plastique de Vaugirard	25
Marne argileuse de Ménilmontant	25
Sable siliceux	13
Ciment	37

---

(1) *Arts céramiques*, t. II, p. 73, 2e édition.

Il est évident que d'autres éléments que ceux cités par l'auteur donneraient des résultats différents. Comme on le voit, on a introduit du ciment dans la pâte, mais on a fait d'autres pâtes sans recourir à l'emploi de ce dégraissant. En moyenne les pâtes renferment 12 pour 100 de calcaire; les écarts sont compris généralement entre 10 et 14 pour 100. Quand les terres sont fortement ferrugineuses, il est bon de ne pas forcer la teneur en chaux.

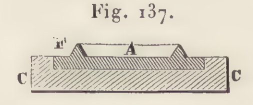
Les poêles sont formés principalement de carreaux dont les uns sont plats et les autres, destinés à former les coins, ont une section rectangulaire. Pour certains poêles de luxe on a adopté une construction plus compliquée et l'on a édifié le poêle en fragments ornés de sculptures en reliefs. Il a fallu dans ce cas faire toute une série de moules pour façonner ces derniers poêles.

Les poêles ordinaires sont plus simples; ils ne comprennent que les deux sortes de pièces dont nous venons de parler. A ces carreaux il faut ajouter quelques motifs ornementaux généralement peu compliqués dont on couronne le faîte.

Le façonnage des carreaux exige l'emploi de moules en plâtre. Pour le moulage on prend la pâte en croûte découpée dans un bloc de pâte. Au moyen de règles il est facile de diviser le bloc de pâte en tranches parallèles que l'on vient appliquer dans le moule; nous avons fait connaître ce genre de travail. Le moule ne présente pas de complications quand il s'agit d'un carreau plan ordinaire. S'il porte des reliefs et des creux, il devra être établi de manière à présenter une dépouille facile sans arrachement.

Si le carreau était plat sur sa face intérieure il serait d'un emploi peu commode pour son fixage. Une fois le moule C rempli et la pâte tassée, avec un coup de racloir l'ouvrier enlève

Fig. 137.



la pâte en excès et pose alors un colombin de pâte F. Ce colombin sera disposé en forme d'ovale ou de rectangle ovalisé;

il facilitera la prise sur la face postérieure du carreau terminé. On démoule le carreau quand il a pris de la consistance et on le dépose sur un rondeau uni où il sèche lentement.

Les carreaux d'angles demandent un moule spécial formé de deux parties pour pouvoir opérer le démoulage.

Si l'on désirait faire des poêles ronds au lieu de poêles rectangulaires, on donnerait au moule une forme cintrée.

Les carreaux moulés, ne présentant pas une surface plane, sont mis à sècher après démoulage sur un support approprié à leur forme. L'omission de cette précaution peut amener des déformations. Quand la terre est devenue suffisamment dure, alors seulement on les pose debout.

La dessiccation des carreaux de poêles doit être régulière ; on ne peut obtenir ce résultat qu'en opérant lentement. Si les pièces montrent une tendance au gauche on les redresse à la main. Ce travail est possible tant que la pâte a conservé un peu de souplesse.

Pour avoir un bon assemblage il faut que les juxtapositions des carreaux puissent se faire exactement, aussi une retouche consistant dans le raclage des bords des carreaux s'exécute-t-elle avant la cuisson.

Le façonnage à la main n'est pas seul employé. On a cherché à opérer mécaniquement et l'on a construit des presses dans ce but.

La presse à carreaux ressemble à une presse à vis pour tuiles. Elle comprend un moule dans lequel on fait descendre un mandrin. Ce moule reçoit une croûte et un colombin pour faire le rebord. On donne la pression verticalement. Pour avoir de bons carreaux cette seule pressée ne suffit pas, aussi l'appareil est-il disposé pour exercer une pression latérale.

Ces presses à carreaux sont peu connues en France ; on peut même dire que, dans ce pays, le façonnage par moulage est général. En Allemagne, depuis longtemps déjà, on fait du carreau de poêle à la presse. Nous allons donner quelques détails sur deux appareils récents, exposés en 1904 à Breslau.

Dans la presse Drescher, l'argile arrive dans un récipient quadrangulaire dont la section est un peu plus grande que la

surface du carreau à obtenir. La charge d'argile renfermée dans ce récipient est suffisante pour 30 carreaux. Une fois le réservoir rempli, on le ferme et, au moyen d'une roue dentée agissant sur une crémaillère, on fait avancer un piston qui presse alors sur l'argile. La masse à la sortie du récipient rencontre un moule formé par plusieurs pièces de plâtre réunies par des bandes de fer. Une fois le moule rempli, un appareil coupeur vient séparer le carreau façonné du reste de la masse.

La machine Dechert est une presse à filière disposée d'une manière spéciale. Devant la filière se trouve une plaque maintenue par une charnière, et sur cette plaque sont fixées deux pièces profilées parallèles qu'un ressort tend à tirer l'une vers l'autre. Le noyau sur lequel va venir s'appliquer la plaque porte aussi deux pièces profilées sur deux côtés. Aussi, grâce aux ressorts, cette pièce est-elle maintenue sur la plaque, les deux profils de ce noyau venant s'emboîter entre les deux profils de la plaque. Pour faire un carreau on rabat la plaque garnie du noyau sur la filière. La pâte chassée par l'appareil vient s'introduire dans ce moule et le remplir. A ce moment on ouvre un peu le levier qui maintenait la plaque contre la filière et l'on fait descendre un fil tendu sur un cadre pour séparer le carreau moulé. La même presse peut faire le carreau d'angle ([1]).

Les carreaux secs sont alors enfournés. L'enfournement se fait en charge.

La cuisson des carreaux de poêles se fait en biscuit d'abord, puis en émail. Les appareils utilisés sont variables avec les régions. Les poêliers français ont employé beaucoup le four dit *carré* servant à cuire la faïence stannifère ; en Allemagne on a préféré souvent le four couché à axe horizontal. Sous le nom de *four suisse* (*schweizerofen*) on désigne dans les ouvrages allemands un four, employé en Suisse, très analogue au four carré. Ces différents genres de fours sont chauffés au bois. On peut utiliser aussi, et c'est ce que font de grandes usines, des fours comme ceux qui servent à cuire la faïence fine.

Le four couché se compose d'une chambre voûtée dont les

([1]) *Tonindustrie Zeitung*, 1904, p. 1531, et *M. S. I.*, 1904, p. 724.

dimensions varient de $1^m,60$ à $1^m,90$ de hauteur et de $1^m,75$ à $2^m,30$ de largeur. La longueur présente de plus grands écarts : réduite à $5^m,25$ dans quelques modèles, elle a été portée parfois à 7^m, ce qui est exagéré et peu commode au point de vue de la cuisson. La partie antérieure de la chambre est occupée par la chambre de combustion. Un mur de briques sépare cette partie du four de la région où l'on place les carreaux. En moyenne cette chambre occupe $0^m,75$ de longueur dans le four. Les gaz de la combustion pénètrent dans le four par des ouvertures ménagées dans le mur de séparation; en général, on dispose trois ouvertures (partant de la sole) dans le mur de séparation. C'est par ces orifices que la majeure partie de la flamme pénètre dans le four; ces orifices présentent une surface moyenne de 2800^{cm^2} environ, ils occupent la moitié inférieure du mur. A la partie supérieure de cette cloison de briques on a laissé aussi quelques vides dans les rangs de briques de manière à ménager un certain nombre de petites entrées ayant comme dimensions $6^{cm} \times 5^{cm}$.

A la partie postérieure du four se trouve la porte, faisant face au foyer. La cheminée est construite à l'extrémité et part de la voûte au-dessus de la porte. C'est à peu près le dispositif du four représenté page 406.

L'enfournement d'un semblable four présente des particularités intéressantes. Dans la construction du four on a ménagé deux rainures horizontales dans les parois verticales, puis trois rainures longitudinales dans la sole, une dans le milieu et deux sur les côtés. Ce résultat est obtenu en donnant à la sole l'épaisseur d'une brique posée à plat au-dessus du sol du foyer. Au moyen de briques on ménage, dans toute la longueur de la charge, trois conduits. On place de chaque côté des rainures de la sole une file de briques, puis on recouvre le canal, constitué par les briques et les rainures, avec des plaques de terre cuite réfractaire. Des rainures latérales servent à recevoir les plaques de terre cuite qui recouvrent les canaux latéraux et qui ont besoin d'un autre point d'appui que les briques.

Les joints de ces plaques réfractaires sont faits très larges à dessein. Au lieu de les amener au contact on laisse entre elles

un intervalle de 3cm environ. Entre ces canaux on disposera un rang de supports en terre réfractaire ayant la forme de troncs de cône creux assez hauts pour dépasser un peu les plaques de terre qui recouvrent les conduits. Sur ces supports on place un rang de plaques de terre cuite et l'on dispose, avec le soin voulu, ces plaques de terre de manière à obtenir une banquette bien plane et résistante. Cette banquette sert de support à une cloison que l'on établit en empilant des tuiles ou des plaques de terre de manière à faire un mur qui atteigne le sommet du four à 10cm près environ. Les interstices des tuiles doivent être bouchés de sorte que ce mur constitue une cloison imperméable à la flamme. Les gaz de la combustion ne peuvent passer qu'à la partie inférieure et à la partie supérieure du mur.

Une grande partie suit les trois canaux longitudinaux et traverse le four.

Dans l'enfournement des carreaux on doit éviter de serrer les pièces trop les unes sur les autres; il faut laisser une libre circulation aux gaz chauds.

La rapidité de la cuisson est liée à la nature de l'argile qui sert à la fabrication. Certains fours demandent un petit feu très lent, pouvant atteindre 24 heures, tandis que d'autres donnent de bons résultats avec une durée moitié moindre ([1]).

Les poêliers ont utilisé depuis quelque temps les fours servant à cuire la faïence avec le dispositif à flamme renversée. Ce système de fours, malgré ses défauts, est encore plus régulier que le four carré ou le four couché.

La glaçure qui recouvre les poêles est tantôt une glaçure stannifère, tantôt une glaçure plombeuse transparente colorée.

Voici la glaçure stannifère employée par Feilner, poêlier allemand dont les produits sont souvent cités comme exemple dans la littérature céramique :

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}53\,PbO \\ 0{,}06\,CaO \\ 0{,}10\,K^2O \\ 0{,}31\,Na^2O \end{array}\right\} 0{,}21\,Al^2O^3.\,3{,}43\,SiO^2 + 0{,}79\,SnO^2.$$

([1]) Brömse, *Die Ofen und Glasurfabrikation.*

Ce qui revient à prendre :

Calcine à (43 pour 100 d'étain)	254
Carbonate de soude anhydre.............	33
Carbonate de potasse..................	5,22
Craie..............................	10
Sable quartzeux......................	206
Sel marin..........................	23

Cette glaçure est modifiable, suivant la nature du support, naturellement. On peut faire des glaçures moins coûteuses en diminuant la quantité d'étain; on peut descendre, dans la formule précédente, jusqu'à $0{,}5SnO^2$.

L'introduction d'acide borique, l'enlèvement de l'alumine conduisent à des compositions plus fusibles telles que :

$$\left.\begin{matrix} 0{,}7PbO \\ 0{,}1Na^2O \\ 0{,}2CaO \end{matrix}\right\} 2{,}8SiO^2.\,0{,}2B^2O^3 + 0{,}5SnO^2.$$

Calcine (à 29 pour 100 d'étain).............	232
Borax cristallisé.........................	40
Craie................................	20
Sable siliceux........................	168
Sel marin............................	20

La préparation de la glaçure est faite plus simplement par beaucoup de poêliers qui se contentent de prendre de la calcine, du sable et du sel pour constituer leur glaçure.

Brömse indique [1] :

Calcine (50 de plomb et 15 d'étain)..........	21
Sable................................	16
Sel marin............................	13

Dans d'autres formules il préconise l'addition de tessons, de feldspath et de potasse sous forme de salpêtre.

Comme glaçure stannifère on peut se servir avec succès de la

(1) *Loc. cit.*, p. 63.

composition suivante qui a l'avantage d'être combinée plus logiquement que toutes les glaçures où il entre du sel :

Sable quartzeux	30,64
Minium	15,80
Kaolin	19,34
Craie	5,65
Calcine faite avec un alliage à 25 pour 100 d'étain.	40

La glaçure stannifère n'est pas seule employée, on a recours aussi aux glaçures colorées plombeuses, avec ou sans alcalis.

La glaçure doit être frittée fortement avant l'emploi, il faut insolubiliser les matériaux solubles dans l'eau. Les faïenciers utilisant le four carré préparent leur mélange sous le four, mais ceux qui cuisent dans d'autres appareils cuisent leur mélange dans un four coulant ou à sole.

La glaçure est écrasée, broyée, délayée dans l'eau et posée par immersion ou arrosement. Avant la pose de la glaçure on a redressé les carreaux, déformés par la première cuisson, en les usant sur une meule horizontale sablée.

La seconde cuisson est faite à une température plus élevée que la première, l'émail étant dur à fondre. La température varie de la montre 015 à 01.

On a apporté à cette fabrication des modifications. Au lieu d'émailler les carreaux avec des glaçures opaques blanches, on a engobé la terre et posé, sur l'engobe, une glaçure transparente.

Enfin pour produire économiquement on a cherché à supprimer la deuxième cuisson et à émailler son cru. Une seule cuisson suffit alors. Cette manière de procéder est employée en Allemagne [1].

---

[1] Brömse, *loc. cit.*, p. 115 et suiv.

CHAPITRE XIII.

GRÈS.

Le grès se distingue nettement des poteries que nous venons d'examiner par ses propriétés. Sa structure compacte et vitrifiée, son opacité sont des caractères suffisamment nets pour permettre de le reconnaître.

Le premier de ces caractères, le manque de porosité de sa pâte, tient à sa texture. La pâte, sans être devenue un verre, es constituée par une masse renfermant des silicates complexes ramollissables à la température de cuisson, de sorte que le grès cuit est formé de molécules ayant fusionné entre elles, ce qui n'a pas lieu dans les terres cuites. Ces dernières ont toujours une structure plus ou moins alvéolaire.

Le grès a une pâte dense, dure, sonore, opaque dont le grain a une certaine finesse.

On peut considérer deux genres dans les grès : les grès *communs* ou *naturels* et les grès *fins* ou *composés.*

La structure vitrifiée de la pâte ne peut s'obtenir qu'en cuisant une masse renfermant des matériaux fusibles. Dans les grès communs, les matières premières elles-mêmes, c'est-à-dire les argiles, contiennent leurs fondants, au contraire les grès composés ne prennent les propriétés du grès que grâce à l'introduction dans la pâte de fondants appropriés.

Les grès naturels sont les plus importants; aussi le nom de *grès,* sans aucune autre désignation, doit-il s'appliquer à ce genre de produits.

I. — GRÈS NATURELS.

Les grès naturels sont produits par de petits potiers encore très nombreux. Quelques grandes usines fabriquent aussi du grès, mais les centres où se sont groupées les petites installations ont une importance très réelle. Ce sont les ustensiles de ménage et quelques vases spéciaux qui alimentent leur fabrication.

Les grandes usines s'occupent plutôt des pièces nécessitant un outillage perfectionné; les grands vases de l'industrie chimique sont aussi dans leurs attributions.

L'existence des fabriques de peu d'importance est facilitée par le travail du grès. Le grès est en somme d'une production facile pour les usages courants. L'Exposition universelle de 1900 a pu montrer que la fabrication du grès ne présentait pas de difficultés très grandes, puisque le nombre des pièces de cette matière que l'on présentait était relativement élevé. Dans certains centres la fabrication est entre les mains des paysans. Les propriétaires de ces fabriques rustiques, et leurs ouvriers, ne font que suivre les traditions de leurs prédécesseurs.

On trouve dans les grès une série de teintes variant avec la composition de la terre. Entre les grès blancs provenant d'argiles, exemptes de fer en quantité notable, et les grès rouges, à pâte fortement teintée, faits avec des terres notablement ferrugineuses, on rencontre toute une gamme de teintes.

La manière de cuire le grès a son influence sur la coloration, car le colorant étant de l'oxyde de fer, c'est-à-dire un oxyde qu'un feu réducteur pourra ramener à un état inférieur d'oxydation, on aura les teintes dues au fer au maximum ou au minimum d'oxydation suivant que l'atmosphère du four aura été oxydante ou réductrice.

Les potiers du XVIe siècle ont fait des grès blancs, avec une légère pointe de jaune. Ces grès ont eu une légitime réputation, ils ont conservé leur attrait pour les collectionneurs. On fait actuellement des grès blancs tout à fait comparables aux anciens; il suffit de ne pas chercher la solution du problème

avec des matériaux incompatibles avec ce genre de fabrication.

Ces grès étaient obtenus en cuisson réductrice. Les terres qui permettent d'obtenir de semblables produits sont moins répandues que les terres à grès ordinaires, toujours plus ou moins ferrugineuses. Certaines localités voisines du Rhin ont été particulièrement favorisées par des gisements de ce genre de terres.

Sous une de ses formes les plus répandues, le grès est gris par suite de sa cuisson réductrice. On le trouve aussi avec des tons plus ou moins jaunâtres. Une grande partie des grès usuels se présentent avec cet aspect.

Les terres très ferrugineuses donnent des grès colorés. On rencontre, surtout dans la poterie de grès industriel, des pâtes à grès fortement colorées par du fer. L'oxyde de fer joue dans cette pâte le rôle de fondant conjointement avec les autres matériaux fusibles qui peuvent s'y rencontrer.

Les grès ferrugineux vont du brun au rouge suivant leur teneur en fer et la manière dont on les a cuits.

On a parfois coloré les pâtes à grès par addition de manganèse et d'un peu de cobalt. La pâte est alors noire. Par des additions convenables on conçoit que l'on peut créer toute une série de pâtes de grès colorés.

Une pâte à grès contient de 2 à 2,5 pour 100 d'oxydes basiques alcalins ou alcalino-terreux. C'est à la combinaison de ces oxydes avec la silice, combinaison amenant la production de silicates polybasiques, qu'est due la vitrification. La pâte étant vitrifiée, l'analyse d'une pâte à grès a un sens précis; elle exprime la composition d'un tout, ce qui n'a pas lieu quand on donne la composition d'une terre cuite. L'analyse d'une terre cuite est le résultat de recherches effectuées sur un agrégat de matériaux différents; elle n'apporte pas les mêmes notions. On peut copier une pâte vitrifiée plus facilement qu'une terre cuite; une pâte vitrifiée a été le siège de phénomènes chimiques qui n'ont pas eu lieu dans une terre simplement cuite.

Les grès sont faits avec des argiles capables de cuire en grès sans addition. A l'aide de mélanges convenables on amène la masse à avoir la plasticité voulue.

Quand on ajoute un dégraissant, on le prend sous forme de

ciment de grès; cette manière de composer la pâte ne s'emploie que pour de grosses pièces. L'addition de sable est exceptionnelle, elle change la composition de la pâte naturelle.

Nous examinerons la fabrication sous ses deux aspects : dans les campagnes et dans les usines.

§ 1. — Fabrication du Beauvaisis et du Westerwald.

I. En France un des centres importants se trouve dans le Beauvaisis, les fabriques sont disséminées aux environs de Beauvais; un grand nombre sont voisines des lignes de Beauvais à Gournay et de Beauvais à Gisors : Saveignies, La Chapelle-aux-Pots, Auneuil appartiennent à cette région. On rencontre également d'autres fabrications dans l'Eure, la Nièvre, la Normandie, etc. Nous nous bornerons à examiner le Beauvaisis.

Les terres se trouvent dans le pays même. A défaut d'analyses sûres nous donnerons comme types de terre à grès les argiles que nous avons citées plus haut.

Autrefois on marchait les terres, maintenant on a introduit l'usage du malaxeur.

Le façonnage se fait au tour. Les tourneurs du Beauvaisis se servent de tours actionnés par un aide. Le gamin qui les sert fait tourner le tour au moyen d'une manivelle entraînant une roue dentée, mordant sur une deuxième roue calée sur l'axe. Les pièces sont ébauchées, sans tournassage, très rapidement. La pâte est très plastique et se travaille aisément. On opère sans grandes précautions; ainsi les becs des terrines sont faits à la main, en appuyant sur la pâte.

La fabrication comprend des pièces d'usage domestique : terrines, pots à beurre, saloirs, etc., qui ont toutes de grandes dimensions.

La dessiccation n'est pas toujours conduite avec lenteur, j'ai eu l'occasion de voir poser en plein soleil des terrines venant d'être ébauchées. La pâte supporte ce traitement. Pour éviter l'ovalisation, quand la pâte est devenue plus résistante, on empile les terrines les unes dans les autres.

Certaines pièces méritent une mention spéciale. On fait encore

du tuyau au tour. L'ouvrier tourne deux cylindres qu'il colle pour avoir la longueur désirée. Ces tuyaux sont inférieurs comme régularité aux tuyaux façonnés à la presse.

La tourie est une des pièces les plus demandées aux fabricants de grès. Elle se tourne en deux parties. Quand le morceau qui doit constituer le fond a pris de la consistance on applique dans une rainure, ménagée dans le bord supérieur, le fragment qui va former la partie supérieure. Ce collage est fait par un ouvrier spécial. Après avoir mouillé les bords à coller, il passe l'éponge sur la couture et écrase la terre tout le tour de la soudure, en s'aidant de sa main. Pour faciliter ce travail, le tourneur a laissé une ouverture, suffisante pour le passage du bras, dans le second morceau. Une fois le collage fini, on laisse reposer la tourie qui passe entre les mains du colleur de goulots. Avant de poser le goulot, l'ouvrier spécialement chargé de ce travail se sert de l'excès de terre laissé par le tourneur pour rétrécir l'ouverture supérieure. En s'aidant d'un outil de bois, il bat la terre et la chasse vers l'axe de la tourie. Lorsque l'ouverture est suffisamment rétrécie, il mouille et polit à l'éponge l'endroit qu'il vient de battre. Il applique ensuite un colombin de terre, le colle et, en tournant sa main autour, creuse le pourtour du goulot. La tourie est terminée par des femmes qui collent les anses et polissent la surface.

Quoique ayant nécessité le concours de plusieurs personnes, la tourie n'est pas vendue 3^{fr} par le fabricant.

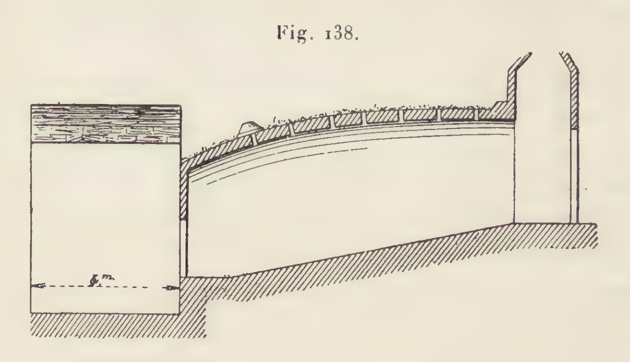
Dans le Beauvaisis on fait aussi de grosses pièces, telles que les bacs à galvanoplastie, les colonnes à acides, seulement ces pièces sont l'apanage de quelques maisons. On travaille alors au colombin, sans moule aucun. Ce genre de façonnage est délicat à bien réussir et demande des ouvriers spéciaux. Actuellement le recrutement de ces ouvriers est devenu difficile, du moins les fabricants déclarent n'en trouver de satisfaisants qu'avec peine.

Le grès doit être séché complètement avant la cuisson. Chauffé encore humide il se brise facilement. La pâte a été façonnée épaisse, ce qui est une difficulté nouvelle pour la conduite du feu.

Les fours que l'on rencontre dans le Beauvaisis sont d'un type uniforme, mais leurs proportions n'ont pas été arrêtées de la

même manière par tous les fabricants. Ils comprennent une galerie, non pas horizontale, mais présentant une certaine pente. En haut se trouve la cheminée et au bout du four on a disposé la porte. En bas se trouve le foyer, formé par une aire

Fig. 138.



plane sur laquelle on place le combustible. Une ouverture qui reste toujours ouverte permet de jeter le bois et de laisser entrer l'air nécessaire à la combustion. Ce mode de foyer ne brûle pas complètement le combustible, il laisse un résidu appréciable de braise. Ordinairement le foyer et le bas du four sont engagés dans un baraquement qui sert de bûcher et où se tient l'homme de four.

On a ménagé sur la partie supérieure du four des rangées d'ouvertures disposées sur toute la longueur. Elles sont fermées pendant presque toute la cuisson et ne sont ouvertes que pour procéder au salage. Elles sont closes au moyen de terrines retournées.

Ces fours sont construits très simplement. Les murs latéraux et les deux faces sont en briques, la voûte est faite de cruchons assemblés et le tout est noyé dans un mortier argileux que l'on étale à l'intérieur. On recouvre de terre la partie supérieure du four.

Les proportions sont variables, comme nous l'avons dit plus haut; j'ai eu l'occasion de mesurer un de ces fours. La longueur était de 12^{m}, la largeur de $2^{m},50$ et la hauteur de 3^{m}. D'autres fours présentaient des différences dans les dimensions.

Un four des dimensions que nous venons de donner brûle

50 stères de bois. La cuisson est menée très lentement, elle dure environ une semaine. Un four ne peut faire que deux cuissons environ par mois; une semaine étant prise par la cuisson et une autre par l'enfournement et le défournement.

Certains grès sont salés, c'est-à-dire reçoivent une légère couverte alcaline obtenue par l'introduction de sel dans le four. Cette opération ne se fait qu'à la fin de la cuisson, on jette alors dans le four bien chaud 100^{kg} de sel par fournée. On vide le sel par les ouvertures de la voûte et on le répand avec une cuillère dans les diverses régions. On sale en deux fois. Pendant le salage on brûle des fagots; il faut compter 300 fagots pour le petit feu du début et le salage. Une fois tout le sel jeté on bouche tous les orifices et on laisse refroidir.

L'encastage se fait en charge; on cale les grosses pièces avec des briques crues. Les ouvriers chargés de ce travail arrivent à utiliser tout l'espace du four avec beaucoup d'habileté. Ce sont les touries qui occupent la moitié basse du four, les autres pièces sont posées dans le haut.

Le grès du Beauvaisis a une cassure grise ou blanchâtre. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'il a une pâte rougeâtre.

Les argiles ferrugineuses, employées dans la confection des grès industriels par quelques usines, sont déconsidérées par la plupart des fabricants qui n'ont pas cherché jusqu'ici à en tirer parti.

II. En Allemagne il y a une province particulièrement intéressante au point de vue de la fabrication courante du grès; c'est la partie du Westerwald voisine de Coblenz.

Il y a là de petites fabriques de faible importance, groupées dans une même région, absolument comme dans le Beauvaisis, à Höhr-Grenzhausen, par exemple.

Cette industrie, quoique représentée par des entreprises occupant peu d'ouvriers, a pris une importance suffisante pour que l'on ait créé à Höhr une École professionnelle destinée à former des céramistes capables de rendre des services à l'industrie locale.

La fabrication de Höhr est alimentée par les gisements de

terres du Westerwald. Voici, d'après Seger, une analyse de terre à grès de ce pays :

SiO^2	70,12
Al^2O^3	21,43
Fe^2O^3	0,77
MgO	0,39
K^2O, Na^2O	2,62
H^2O	4,92

L'argile est grise, de teinte uniforme, douce au toucher. La pâte est faite avec un mélange d'argile maigre et d'argile grasse que l'on humecte et que l'on malaxe mécaniquement. Le travail se fait presque entièrement au tour. Le pot à bière à reliefs se fait par calibrage; on commence par préparer des housses cylindriques, puis on les introduit dans un moule placé sur la tête du tour, on les applique à l'éponge et l'on découpe le profil interne au calibre. Les formes de fantaisie nécessitent le moulage le plus souvent. Les ustensiles usuels sont tournés, sauf le tuyau qui se confectionne à la presse; ce dernier est tournassé, après raffermissement, sur le tour horizontal.

La poterie de grès, en outre de la vaisselle ménagère, a un débouché national dans la fabrication des pots à bière, de pots décorés. La cruche à bière tient une grande place dans les productions du pays; on fait depuis les modèles les plus simples en grès salés jaunes ou gris jusqu'aux pièces les plus riches, décorées en couleurs.

Ce genre est surtout localisé en Allemagne, il a son originalité propre. On fait aussi de nombreux vases soit en grès clair sans décors colorés, soit en grès gris avec décors en bleu. Ces vases sont le plus souvent des copies de pièces conservées dans les musées; les sujets des reliefs qui les ornent sont empruntés à l'Histoire ancienne. On voit aussi, surtout dans les pièces en couleurs, des décors rustiques.

A côté de cette fabrication d'objets ayant un peu le caractère de bibelots se trouve une petite industrie d'ustensiles de grès usuels (pots à beurre, cruches, tuyaux, etc.) pour la consommation régionale.

La région de Höhr est relativement plus avancée que le Beauvaisis; non seulement les produits sont plus finis et plus variés, mais la fabrication s'effectue avec un matériel plus perfectionné. La tuyauterie est faite à la presse, et non au tour, elle n'atteint jamais un grand diamètre. Quand le tuyau est raffermi on procède au tournassage. Cette opération ne s'effectue pas ordinairement dans l'industrie du grès, elle est nécessaire pour la confection de tuyaux réguliers.

La cuisson se fait dans des fours couchés horizontaux dont la contenance varie de 16^{m^3} à 20^{m^3}. On chauffe ces fours au bois; la durée ordinaire d'une cuisson est de 60 heures.

Voici quelques renseignements sur ce genre de four. La longueur du four est de 6^m; la largeur au voisinage de la sole est la même que la hauteur, cette dernière atteint 2^m. La voûte a un profil elliptique. Sur la voûte on a ménagé trois rangées de 9 ouvertures, fermées en temps ordinaire par des plaques de terre. Par ces ouvertures on pourra jeter le sel au moment opportun et tirer des montres pendant la cuisson. La sole du four ressemble à celle des fours à briques intermittents, elle est formée d'une série d'arcs de briques séparés par un intervalle de 10^{cm}. Le four a un groupe de 3 foyers à grilles, disposé à une de ses extrémités et placé de telle sorte que la flamme puisse s'engager sous la sole dans les conduits placés dans la partie inférieure du four.

On se sert maintenant aussi de fours ronds à flamme renversée; ces appareils sont semblables aux fours à faïences. Les industriels les ont réservés plus spécialement à la cuisson des grès décorés. Les fours couchés servent à cuire le grès salé. Cette cuisson du grès salé pourrait être effectuée dans des fours à alandiers, le sel étant jeté dans les alandiers.

§ 2. — Grès industriel.

L'industrie chimique consomme maintenant de grandes quantités d'objets de grès, sous forme de vases et de tuyaux; cette fabrication, jointe à celle des poteries sanitaires en grès, a pris un grand essor. La poterie de grès se trouve menée, dans cer-

taines usines, parallèlement avec celles des terres cuites ou des produits réfractaires.

Les pâtes sont cimentées avec des débris de grès. Les articles intéressants pour l'industrie chimique sont les vases (forme tourie, forme pot) et la tuyauterie.

La tourie se tourne, mais dans les usines on opère avec plus de précaution que chez les potiers de grès. Pour plus de régularité dans les formes certains fabricants de grès ont adopté le façonnage suivant : on calibre la pâte posée sur une forme en bois appropriée, recouverte d'un linge mouillé. Deux formes sont nécessaires; une pour chaque moitié. Après calibrage, on laisse reposer puis on colle les deux pièces.

Les grands pots de l'industrie se moulent quand leurs dimensions le permettent. Pour les grandes tailles le seul procédé auquel on puisse avoir recours est le façonnage au colombin qui, bien conduit, est très satisfaisant.

On peut actuellement travailler suffisamment bien le grès pour lui faire rendre de grands services à l'industrie chimique.

A l'Exposition universelle de 1900 une maison allemande avait montré des pièces remarquables comme dimensions et comme ajustage. A côté d'un grand vase contenant plusieurs milliers de litres se trouvait une pompe à acides en grès.

La robinetterie de grès est également très précieuse. Le grès rodé sert à la confection de robinets plus solides et plus pratiques que les robinets de verre et de caoutchouc toutes les fois que le métal doit être proscrit.

Le rodage du grès bien exécuté donne des fermetures étanches. Les pots à fermeture en grès sont d'un usage très commode.

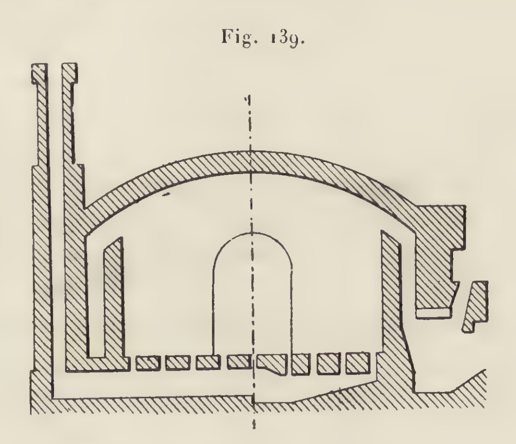
La tuyauterie de grès a beaucoup d'usages, elle se fait à la filière comme le tuyau de terre.

Pour la tuyauterie, on a recours à la presse à filière circulaire; on fait ainsi des tuyaux jusqu'au diamètre de 1^m. Les petits tuyaux sont souvent tournassés au tour horizontal; pour les gros, on corrige par un tournassage intérieur les aspérités et les tendances aux déformations de la périphérie.

Cette opération délicate à mener à bonne fin s'effectue après que la pièce a pris 48 heures de repos. L'appareil employé pour

ce travail se compose d'un équipage mobile autour d'un axe vertical que l'on peut introduire dans le tuyau et auquel on donne un mouvement de rotation.

Fig. 139.



Les tuyaux bifurqués et les vases tubulés sont naturellement munis de leurs garnitures par collage.

On cuit les grès, enfournés en charges, avec lenteur. Les fours sont à flamme renversée avec alandiers au charbon. Les chambres sont rectangulaires et contiennent 150^{m^3}. On cuit ces grès à des températures comprises entre la montre 9 et la montre 12 de Seger (1270°-1350°); l'opération dure plusieurs jours.

Le four dont nous donnons la coupe est un four à flamme renversée avec deux rangées latérales d'alandiers. Entre chacun d'eux est disposée une cheminée en regard de l'alandier opposé. La coupe transversale a été faite à gauche entre deux alandiers à droite dans le plan médian de l'alandier.

Ces grès se font avec ou sans glaçure salée.

II. — GRÈS COMPOSÉS.

Les *grès composés,* autrement dits *grès fins,* ont été créés par les Anglais qui ont presque gardé le monopole de leur fabrication. Ce n'est qu'exceptionnellement que les grès fins ont été fabriqués sur le continent.

Les argiles employées ici ne sont pas des argiles à grès; ce sont les argiles qui servent à fabriquer la faïence fine, qui apportent l'élément plastique dans la pâte. Pour produire leur vitrification, une addition de fondants sera nécessaire, seulement ce fondant devra être plus considérable que dans les pâtes de faïence fine. La pâte sera constituée comme une pâte à faïence, mais elle en différera quantitativement, par les rapports des matériaux.

La fabrication anglaise comprend toute une série de produits qui font la transition entre la faïence fine et le grès. Les faïences, dites *porcelaine opaque* ou *demi-porcelaine,* sont des poteries de transition.

On obtient facilement des grès blancs avec des pâtes telles que les suivantes :

Blue Clay (argile plastique).	25	29	29
Kaolin....................	12,5	14	»
Silex.....................	12,5	»	»
Cornish-stone.............	50	57	71

La fabrication ne présente pas de particularités remarquables; elle ressemble à celle de la faïence fine.

Sa pâte seule est différente. On cuit dans un four à faïence et bien des fabricants ont dû, probablement, chercher à accorder la fabrication des deux produits pour arriver à les cuire ensemble. On choisit alors les places les plus chaudes.

Ces grès sont salés ou recouverts d'une glaçure; ils peuvent aussi être dépourvus de cette ornementation.

On émaille parfois en plaçant dans la gazette du sel additionné de carbonate de potasse et d'un peu d'oxyde de plomb. C'est l'émaillage par volatilisation; Kerl ([1]) indique la composition :

Sel marin..............................	67
Carbonate de potasse...................	28
Oxyde de plomb.........................	5

Ce mode opératoire n'est suivi que dans des cas particuliers.

([1]) *Thonwaarenindustrie,* p. 622.

La glaçure est souvent une glaçure du genre de celles des faïences fines. Le même auteur indique une glaçure barytique d'un autre type :

Feldspath	17
Sable siliceux	7
Sulfate de baryte	25
Débris de verre	51

On a composé des pâtes de grès fins avec d'autres éléments que ceux de la fabrication anglaise. Voici de vieilles formules indiquées par Bastenaire-Daudenart et Brongniart :

	I.	II.	III.		IV.
Kaolin	10	25	»		»
Argile plastique	55	25	22		70
Débris de cristal	20	»	»		»
Carbonate de chaux	15	»	»		»
Feldspath	»	50	13		»
Sulfate de baryte	»	»	39		»
Sulfate de chaux	»	»	5	Calciné	5
Sulfate de strontiane	»	»	8		»
Silex	»	»	13	Tesson de porcelaine	25

L'avant-dernière de ces formules est une curiosité, au point de vue de la complication, c'est la seule raison pour laquelle elle figure dans le Tableau. J'espère qu'elle n'a jamais été appliquée que d'une manière éphémère. Elle peut donner une idée de ce que l'empirisme amène parfois à essayer; elle fut pourtant composée par un homme, M. de Saint-Amans, qui acquit une certaine réputation dans une Exposition en 1828.

Les Anglais font aussi le grès fin à pâte colorée. En introduisant des colorants dans la composition on obtient des pâtes uniformément teintées dans leur masse dont on tire surtout parti pour décorer le grès en reliefs rapportés, généralement en blanc sur couleurs.

Les grès fins ont enfin employé comme fondant une fritte spécialement préparée. Ainsi on chauffera pendant 24 heures :

Grauen (pegmatite altérée, probablement cornish-stone)	40
Sulfate de chaux	30
Verre cassé	24
Silex	10

Ensuite on mélange :

Fritte	32	Cette fritte peut être colorée.
Kaolin	18	
Argile	18	
Sulfate de baryte	32	

C'est une très ancienne formule, indiquée par un spécialiste anglais, M. Shaw. Il faut l'examiner avec curiosité, mais ne pas l'imiter. On peut arriver au même résultat beaucoup plus simplement.

III. — GRÈS ARCHITECTURAL ET GRÈS DE CONSTRUCTION.

Les qualités du grès sont supérieures à celles de la terre cuite au point de vue de la résistance aux agents atmosphériques. Quoique la construction en grès ne soit pas encore très répandue, les différents exemples que l'Exposition nous a montrés étaient fort intéressants.

Le grès employé seul peut servir comme la terre cuite à exécuter des motifs de sculpture décorative, mais sa teinte uniforme amènerait de la monotonie dans l'aspect général si l'on ne pouvait l'égayer avec des couvertes colorées.

Comme exemple de fabrication, dirigée dans cet ordre d'idées, nous reproduirons les renseignements publiés par la Manufacture de Sèvres [1].

La pâte a été composée d'argiles et de sable fusible :

Argile de Saint-Amand en Puysaie	56
Argile de Randonnai	27
Sable de Decize	26

(1) Vogt, *Notice sur la fabrication du grès cérame.* — *La Céramique*, 1901, p. 127.

Ce grès cuit renferme 3 pour 100 d'oxydes alcalins et alcalino-terreux. Les matériaux employés avaient la composition suivante :

	I.	II.	III.
SiO^2	64,17	67,83	85,36
Al^2O^3	20,56	20,46	9,06
Fe^2O^3	1,01	0,95	»
TiO^2	0,82	1,80	»
CaO	0,23	0,37	1,00
MgO	»	0,10	0,11
K^2O	1,82	0,90	2,20
Na^2O	0,38	0,37	0,52
Eau combinée et matières organiques	6,44	6,76	2,36
Eau hygrométrique	4,42	»	»

I. Argile de Saint-Amand. — II. Argile de Randonnai. — III. Sable de Decize.

Cette pâte se façonne facilement; elle exige une dessiccation soignée pour éviter des déformations et des fentes.

Ce grès se cuit à la tombée de la montre 9 de Seger; cette température correspond, comme nous le verrons, à celle de la cuisson de la porcelaine dite *porcelaine nouvelle de Sèvres*. On a cherché du reste à rendre ce grès capable de recevoir sans accident les couvertes colorées de ce genre de porcelaine.

L'émaillage peut se faire par salage et, dans ce cas, on jette à la fin de la cuisson du sel dans les alandiers. Les couvertes colorées ont été utilisées avec succès.

Les couvertes transparentes sont les mêmes que celles qui servent à émailler la porcelaine nouvelle. Des couvertes semi-mates ont été appliquées aussi sur la matière. Nous traiterons cette question dans la décoration.

L'émaillage se fait sur cru.

§ 1. — Carreaux de grès.

Les carreaux de grès donnent un pavage résistant que la compacité de la matière rend préférable au carrelage de terre cuite. On a créé entre ces deux fabrications des produits inter-

médiaires qui n'ont pas la perméabilité des terres cuites sans posséder la structure vitrifiée du grès. La pâte de ces carreaux contient bien des produits fusibles, mais la masse, soit par insuffisance de fusibilité, soit par cuisson trop faible, a gardé encore la structure d'une terre cuite à texture serrée.

Les carreaux de grès se font avec deux sortes de pâtes : les unes sont comparables à celles des grès naturels, les autres sont des pâtes de grès composés, c'est-à-dire qu'elles contiennent des produits fusibles additionnels dont le rôle sera de donner à la pâte sa structure vitrifiée.

Une argile ou un mélange d'argiles cuisant en grès peut servir à faire du carreau.

Le premier procédé employé pour le façonnage était la voie humide, la pâte molle était moulée. Nous dirons quelques mots de ce mode de fabrication en parlant des carreaux à pâte composée. Actuellement l'argile, délayée et lavée, est raffermie et réduite en poudre. C'est cette poudre que l'on comprime très énergiquement en employant les appareils déjà décrits (presse à bras ou presse hydraulique). Le carreau séché est porté au four.

Pour faire des carreaux incrustés on modifie la manœuvre comme il convient pour faire les carreaux de terre engobés.

Les matériaux qui entrent dans la composition des carreaux à pâte composée ou, comme on le dit encore, à pâte feldspathique, sont l'argile et des fondants divers. Ces dernières matières peuvent être du feldspath, du cornish-stone, du sable fusible, du laitier de haut fourneau.

La fabrication anglaise de ce genre de produits a été, de bonne heure, très satisfaisante. Au début on travaillait en pâte molle et voici, d'après Lambert, le procédé suivi :

Une plaque carrée en plâtre de 15^{cm} de côté et de 3^{cm} d'épaisseur, porte en relief, sur une de ses faces, le dessin à reproduire, qui fait saillie de $1^{mm},5$ à 2^{mm}.

Pour plus de solidité cette plaque a été coulée dans un châssis en cuivre de 2^{mm} à 3^{mm} d'épaisseur auquel sont fixées latéralement deux chevilles en fer, destinées à maintenir en place un second châssis de 2^{mm} à 3^{mm} d'épaisseur et de 3^{cm} de hauteur,

que l'on place sur le premier et qui est destiné à recevoir la terre qui doit former le carreau.

L'ouvrier prend une masse, de la grosseur des deux poings environ, d'argile devenant rouge par la cuisson (argile de la formation permienne) à laquelle il donne approximativement la forme et l'étendue du moule. Il prépare ensuite avec de la pâte plus fine une petite plaque de 5^{mm} à 6^{mm} d'épaisseur; après avoir poli une des faces avec une lame d'acier, il applique la face opposée contre la première masse, puis il lance le tout dans le moule en plaçant la face polie contre le plâtre.

Il coupe ensuite avec un fil la partie qui dépasse le châssis du moule. A ce moment les deux surfaces du carreau sont formées de deux pâtes différentes et c'est pour éviter le gauchissage qu'il est indispensable de faire disparaître cette différence. A cet effet, au moyen d'une lame recourbée, il gratte une couche de pâte de 5^{mm} à 6^{mm} d'épaisseur qu'il remplace par de la pâte fine en épaisseur plus forte. Le tout est alors recouvert d'un morceau de cuir et serré avec une presse à vis. On a ainsi constitué les deux faces avec des matières identiques et laissé l'intérieur formé d'une pâte grossière, moins coûteuse que la précédente. Après la pressée, on coupe l'excédent dépassant le châssis du carreau et l'on démoule.

Nous avons supposé des creux dans le moule pour prendre le cas dans toute sa généralité : fabrication d'un carreau incrusté. Dans les cavités on va introduire les colorants. Les barbotines sont contenues dans des cruches et versées dans les creux correspondants, c'est par leur moyen que l'on décore par incrustation. C'est, en somme, le procédé auquel nous avons fait allusion tout à l'heure. On termine en raclant la surface avec une lame d'acier.

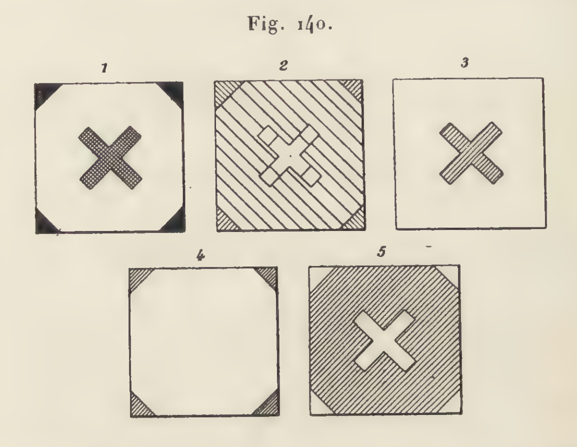
Un autre mode opératoire est le suivant. On devra alors faire un dessin dont les dimensions seront calculées de manière à représenter la composition en cru. Ce dessin est ensuite coupé en carreaux, chacun d'eux représentant un carreau à fabriquer. Le carreau se fera alors ainsi : on place sur le fond de la forme, en le retournant, le carreau de papier dessiné, puis un ouvrier fait tomber sur les contours et les lignes principales une poudre

colorante ou bien peint comme avec la pâte colorée. Sur le tout on verse alors la poudre qui doit former le fond à 5^{mm} d'épaisseur, puis on remplit avec la pâte ordinaire et l'on presse. On enlève ensuite la feuille de papier qui recouvre le carreau.

Avec cette manière de faire, le carreau n'a que deux tons, il est possible néanmoins de faire des carreaux à plusieurs tons. On cerne chaque ton avec une terre colorée et l'on introduit de la masse colorée entre les lignes de contours, puis on termine comme plus haut.

A la presse on opère plus rapidement et plus commodément. Le carreau est fait aussi de deux sortes de matières : l'une qui sert à constituer le corps du carreau, l'autre qui donne la coloration à la surface. Supposons qu'il s'agisse de faire un carreau

Fig. 140.



à fond blanc 1 dont le centre soit occupé par une croix rouge et les quatre angles par un ton noir. Trois calibres de tôle découpée sont nécessaires; chacun d'eux portant des ouvertures correspondant à une des colorations du carreau : l'un 5 représente le blanc, l'autre 3 le rouge et le dernier 4 le noir. Successivement l'on ajoute les diverses masses colorées en se servant chaque fois du calibre correspondant superposé au calibre 2 qui reste en place, comme guide, pendant l'opération, puis on presse le tout.

Quand on désire faire des décorations occupant plusieurs carreaux il est nécessaire d'opérer autrement, car ici la pro-

duction ne se fait plus comme précédemment en grande quantité. Le travail consiste à faire une série de carreaux colorés se raccordant exactement.

Ce genre de fabrication nécessite des pâtes diversement colorées. Il n'est pas possible de trouver dans les terres naturelles des matières cuisant avec toutes les colorations désirées et avec l'intensité voulue. On doit recourir à l'addition de colorants de prix de revient peu élevé, condition qui limite beaucoup le choix. Les oxydes de fer et de manganèse peuvent presque seuls remplir cette condition. Pour les carreaux destinés au décor l'on se sert de colorants plus coûteux; le prix du produit est alors plus en rapport avec les difficultés et les frais de la fabrication.

Après dessiccation à l'air, puis au séchoir, on cuit en gazette. On encaste en appuyant les carreaux deux à deux et dos à dos. Dans l'ancienne fabrication, par voie humide, l'encastage en charge a été employé, en faisant usage de supports sur les quatre angles. Enfin, placés de champ, on a cuit aussi ces carreaux encastés comme les assiettes.

Maintenant on travaille surtout à sec.

La pâte signalée par Lambert était faite d'argile plastique (blue clay) et de feldspath. Une addition d'oxydes colorants donnait les colorations voulues. Pour les teintes foncées une argile rouge est parfaitement utilisable. L'incorporation des oxydes se fait par broyage.

Le feldspath est une substance chère que le bas prix du carrelage a fait chercher à remplacer par d'autres fondants moins coûteux. Le cornish-stone subit le même reproche quoiqu'il soit d'un emploi plus facile. Les carreaux de Pont-Sainte-Maxence [1] sont à base de laitier. Le laitier de haut fourneau est un fondant d'un prix peu élevé, il est vrai qu'il est très demandé maintenant, par exemple pour faire du ciment.

L'emploi de matériaux, tels que certains sables fusibles, donne de bons résultats. Additionnés d'argile ils donnent des

---

[1] Ce carreau se fait comme le carreau de Beauvais.

masses vitrifiées satisfaisantes. Il y a actuellement un parti à tirer de ces matières.

Les colorations sont obtenues par des moyens simples. On se sert ordinairement de cobalt pour le bleu, d'oxyde de chrome pour le vert, d'ocres pour les jaunes et les rouge brun et d'oxydes de fer et de manganèse pour les noirs. La valeur de l'addition ne dépasse pas 6 pour 100 en moyenne.

La cuisson est lente naturellement pour éviter les ruptures. Elle s'effectue en gazettes comme pour les autres carreaux. On les pose de champ dans du sable.

Les fours intermittents à flamme renversée [1] et les fours à gaz sont les deux types d'appareils les plus employés. Les premiers consomment 600^{kg} de houille en chiffres ronds pour 1000^{kg}. Les seconds, en prenant le four de Mendheim comme exemple, consomment moins.

Nous donnerons, comme exemple, la fabrication des carreaux mosaïques de Mettlach [2].

Les carreaux destinés au carrelage, cuits en grès, sont connus aussi sous le nom de *carreaux mosaïques*.

A Mettlach, la Société Villeroy et Boch mène la fabrication de ces carreaux avec un grand succès et elle peut défier la concurrence de beaucoup d'autres fabriques et, en Allemagne, une seule fabrique, à Sinzig, lui fait concurrence.

Pour l'obtention de semblables produits on emploie des argiles qui ne nécessitent pas un travail préalable de lavage. Il faut une matière suffisamment homogène naturellement pour ne pas nécessiter un nettoyage par voie humide, nettoyage toujours coûteux.

Comme on emploie dans la fabrication des mélanges argileux appliqués l'un sur l'autre, le retrait de la matière a une très grande importance pour le choix des argiles. Il faut s'assurer que les différentes masses que l'on emploiera ne subissent

---

(1) Ces fours sont un peu différents des fours à poterie par le rapport de leurs dimensions. Ainsi un four à carreaux de 5^{m} de diamètre n'aura que 3^{m} à $3^{m},50$ de hauteur.

(2) *Sprechsaal*, 1901, n° 36, p. 1253.

pas des contractions présentant de trop grands écarts, après cuisson. Faute d'accord dans le retrait, les produits seraient déformés ou déchirés.

Le carreau comprend deux couches distinctes : la première qui forme presque toute sa masse est constituée avec une argile bon marché; la seconde est composée d'argile fine mélangée à des colorants ou à des fondants. Cette dernière couche est de très faible épaisseur, car elle est plus coûteuse que la première, elle est posée simplement de manière à constituer une couche décorative de solidité suffisante.

La masse constituant la première couche est obtenue en broyant à la meule des argiles sèches, puis en les mélangeant et en les additionnant de la quantité d'eau nécessaire pour rendre facile le façonnage.

Quelquefois aussi on travaille d'abord le mélange à l'état de pâte molle, puis, après malaxage, on la sèche et on la broie à la meule. Les matériaux durs que l'on ajoute dans certains cas, comme le feldspath, sont broyés à part, puis ajoutés à la masse.

Une fois pulvérisée, la pâte sèche est tamisée. Cette pâte sèche contient 7 pour 100 d'eau environ.

Quand on prépare des pâtes colorées on opère par voie humide le mélangeage. Le colorant est mêlé aux éléments de la pâte et la masse totale est pulvérisée à l'eau au moulin. On passe ensuite au filtre-presse, puis on sèche et l'on pulvérise une dernière fois.

Le pressage s'opère dans des moules en acier au moyen de la presse hydraulique en employant une pression de 150^{atm}. Le moule comprend un fond entouré par une garniture.

On verse une couche de composition, puis on remplit avec la pâte grossière qui doit constituer le corps du carreau. Une première pressée, à 50^{atm}, chasse l'air et une seconde comprime fortement la masse. Les carreaux pressés sont portés au séchoir, où ils doivent séjourner jusqu'à complète dessiccation. On chauffe soit à la vapeur, soit par la chaleur perdue des fours.

La cuisson s'effectue dans des fours cylindriques semblables à ceux qu'utilisent les faïenciers ou encore dans des fours à chambres. Les carreaux sont cuits en gazettes. La cuisson

se mène lentement, le petit feu doit être très doux, puis élevé progressivement jusqu'au grand feu. Une atmosphère réductrice est à éviter; les couleurs peuvent être altérées et les carreaux enfumés. Pendant l'enfournement il faut veiller à placer au premier rang seulement les carreaux qui peuvent supporter sans accident une température élevée. La température est poussée jusqu'au commencement de fusion du feldspath.

Le refroidissement doit être lent, afin d'éviter des ruptures. Un carreau bien cuit est imperméable à l'eau; sa structure est vitreuse.

Les principaux accidents qui peuvent survenir dans la fabrication sont : les déformations, les déchirures, les effritements de couleurs et les fissures.

La déformation provient ordinairement du retrait inégal des masses servant à constituer le carreau. Ce n'est pas toujours pourtant pour cette raison que les pièces se déforment; la manière dont a été conduite la pressée peut jouer un rôle. Si la pression a été trop élevée les carreaux ont une tendance à se cintrer. Il faut remarquer avant toutes choses qu'un petit carreau, pour une même indication du manomètre, reçoit une pressée plus grande, par centimètre carré, qu'un grand carreau. Il y a lieu de proportionner l'intensité de la pression à la grandeur du carreau. Si le mélange de la pâte formant le corps du carreau a été mal fait il peut se produire aussi des déformations.

Les ruptures viennent à la suite d'une dessiccation insuffisante, d'une cuisson brutale ou encore d'un mélange incomplet de la masse.

L'effritement des couleurs en petites lamelles est la conséquence de l'inégalité des retraits du support et de la matière supportée.

Le même accident se produit avec des pâtes dont l'humidité n'est pas la même.

Les fissures sont la conséquence du retrait trop grand de la pâte colorée. On peut cependant constater des fissures en forme de tressaillures quand les retraits sont de même ordre, c'est alors que les masses colorées manquent de fusibilité. Il ne faut pas faire de confusion entre les tressaillures et les fissures qui

se produisent pendant le refroidissement, ces dernières peuvent être profondes et se prolonger dans le corps du carreau.

Voici des exemples de composition de pâtes. On y indique, comme argile, une terre provenant de Preschen et qui sert, en Allemagne, à alimenter la fabrication d'un certain nombre de fabriques.

Pâte ordinaire.

Argile maigre	78	Le mélange est broyé à la meule.
Argile grasse	22	

Pâte blanche.

A.	Argile de Vallendar	41	On mélange par voie humide et l'on sèche le tout. On pulvérise ensuite à la meule le mélange suivant :
	Argile de Raubach	31	
	Feldspath de Nohfelden	28	

Composition A	82
Argile de Vallendar	10
Argile de Raubach	4
Feldspath de Nohfelden	4

Pâtes colorées.

	Blanc.		Gris.		Gris d'argent.	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.
Argile de Vallendar	50	54	50	52	50	53
Quartz	20	22	17	23	18	23
Feldspath de Bohême	30	24	30	23	30	24
Fer chromé	»	»	3	2	2	»
Oxyde de cobalt RKO	»	»	»	»	0,025	0,05

	Jaune.		Rouge.		Vert.		Bleu.			
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	Brun.	Noir.
Argile grasse de Preschen	10	18	16	12	13	8	»	»	17	10
Argile maigre de Preschen	40	62	18	44	46	27	»	»	60	36
Argile de Raubach	50	»	»	»	»	»	»	»	»	»

	Jaune.		Rouge.		Vert.		Bleu.			
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	Brun.	Noir.
Argile de Vallendar	»	»	»	»	»	29	50	52,5	»	»
Argile de Briesen	»	12	16	»	39	»	»	»	8	»
Quartz	»	6	»	12	»	20	20	26	»	»
Feldspath de Bohême	»	2	»	4	»	14	28	18	»	5
Oxyde de fer	»	»	10	28	»	»	»	»	15	47
Oxyde de cobalt	»	»	»	»	2	»	2	0,5	»	»
Oxyde de zinc	»	»	»	»	»	1	»	3	»	»
Fer chromé	»	»	»	»	»	0,6	»	»	»	»
Bioxyde de manganèse	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2

Glaçure pour carreaux.

Fritte.	Quartz	28	On prend :	Fritte	90
	Minium	67		Kaolin	6
	Craie	1		Quartz	2
	Kaolin	4		Feldspath de Bohême	2

Cette glaçure fond environ à la fusion de l'argent.

CHAPITRE XIV.

PORCELAINES.

La porcelaine a une pâte blanche, translucide, résistante, pouvant supporter sans rayure le frottement de l'acier, homogène et sonore. Au point de rupture elle laisse voir un grain fin et brillant; la cassure est conchoïdale. La porcelaine, comme le grès, est une poterie à pâte vitrifiée; elle se distingue de ce dernier produit par sa translucidité. C'est le second type des produits céramiques à pâte imperméable.

Ces définitions ne se rapportent pas à un seul genre. La porcelaine comprend deux groupes, pouvant à leur tour former des subdivisions.

La première porcelaine, ayant servi de type aux autres, est la porcelaine orientale fabriquée par les Chinois et les Japonais.

Cette belle matière a une couverte transparente formée par des silicates à base alcalino-calcaire et alumineuse. Cette couverte présente une dureté moyenne qui ne lui permet pas de résister absolument à la rayure de l'acier. Ce genre de porcelaines a été reproduit en Europe et les porcelaines allemandes, autrichiennes, la porcelaine nouvelle de Sèvres, par exemple, lui sont comparables.

Si, continuant à examiner la nature et les propriétés des couvertes, nous jetons nos regards sur les porcelaines fabriquées par l'industrie française, par la Manufacture de Sèvres, nous trouvons que la couverte employée est d'une nature différente, au point de vue chimique. Le silicate n'est plus calcaire, il est alumino-alcalin.

Ces deux porcelaines à pâte résistante, à couvertes calcaires

ou feldspathiques, forment le groupe de la *porcelaine dure.* Les mots *calcaire* et *feldspathique* appliqués à la désignation de la couverte sont là pour rappeler que la première couverte est intentionnellement calcaire et que l'autre est à base de feldspath. Nous aurons l'occasion de voir plus tard les avantages et les inconvénients de ces deux couvertes différentes.

Le désir d'imiter la porcelaine de Chine amena les céramistes à entreprendre une série de recherches dont les résultats ne furent pas toujours conformes à la solution du problème à résoudre. La Saxe arriva la première au but, mais en France, où l'on n'avait pas encore découvert de kaolins, on fit, avec une composition vitrifiable rendue plastique par une marne argileuse, une pâte donnant naissance à une porcelaine particulière. Cette matière moins résistante que la porcelaine de Chine, possédant un grain moins fin et recevant comme couverte une sorte de cristal, a été dénommée *porcelaine tendre.* Les premières porcelaines françaises, le vieux Sèvres appartiennent au genre porcelaine tendre.

Plus tard, en Angleterre, on créa une autre porcelaine tendre. Sa pâte, argileuse, différait de celles des porcelaines dures par l'introduction d'un fondant particulier. Alors que les porcelaines orientales recouraient au feldspath, la porcelaine tendre anglaise utilisait le phosphate de chaux des os pour obtenir sa vitrification. La couverte différait également; la couverte de cette porcelaine se rapproche de celle des faïences fines par l'addition, au silicate calcaire et alcalin, d'oxyde de plomb et d'acide borique.

Ces deux porcelaines tendres portent les noms de *porcelaine tendre artificielle* ou *à fritte* et de *porcelaine tendre naturelle* ou *anglaise,* ou encore *phosphatique.*

Le qualificatif *artificiel* rappelle que la porcelaine tendre française est faite de matériaux combinés artificiellement et le mot *naturel,* ajouté pour désigner la porcelaine tendre anglaise, indique, par opposition, que ce sont des matériaux utilisés directement sortant de leur provenance naturelle, qui forment ce dernier genre.

I. — PORCELAINE DURE.

Les porcelaines dures renferment comme éléments constitutifs de leur pâte trois sortes de substances.

Les matériaux plastiques, sous forme de kaolins; des matériaux siliceux, pris à l'état de quartz; enfin des matériaux fusibles, à base de feldspath, ou de minéraux analogues le plus souvent, et quelquefois de craie.

La porcelaine est donc constituée par un mélange de silicates alumineux et alcalins plus ou moins calcaires, amené à un état vitreux assez avancé pour que la masse soit translucide. L'examen de la porcelaine au point de vue chimique et minéralogique a montré la présence de silimanite. Le kaolin et le quartz sont dissous par le fondant et le tout forme une masse vitreuse amorphe dans laquelle l'examen microscopique a laissé voir des aiguilles du minéral précité.

Les kaolins sont suffisamment répandus en Europe; les gisements les plus connus sont en France dans le Limousin et dans le Berry (dans la région voisine de l'Allier); en Bretagne, en Normandie, dans les Pyrénées, on rencontre également des gisements. L'Allemagne se sert dans la partie sud de kaolins autrichiens; les meilleurs des kaolins qu'elle emploie viennent principalement de la Bohême, mais les gisements sont à courte distance de la frontière allemande, à Zettlitz et Carlsbad, par exemple. On en trouve dans l'Empire de moins purs et de moins plastiques dont on peut tirer grand parti néanmoins; je citerai les gisements de Halle dans le Harz, de Aue dans l'Erzgebirge, de Passau en Bavière.

Les kaolins anglais des Cornouailles pourraient servir à cette fabrication, du moins ceux qui sont plastiques.

Les sables quartzeux purs et le quartz erratique sont des matériaux très bons pour la fabrication des pâtes.

Enfin le feldspath cuisant blanc constitue l'élément fusible, par excellence, des pâtes à porcelaines.

A ces matériaux théoriques il faut ajouter que la pratique a

pu tirer parti d'autres matières dont le mélange conduit aux mêmes combinaisons : élément plastique, élément siliceux et élément fusible. La porcelaine chinoise en est un exemple; les matériaux chinois diffèrent des matières premières des Européens.

Au lieu d'ajouter du quartz et du feldspath au kaolin, certains fabricants ont trouvé plus pratique d'utiliser un mélange naturel de sable siliceux et de sable feldspathique ou micacé.

Ce sable, que les Allemands appellent *sable à porcelaine,* est employé en Thuringe notamment.

Le tesson est employé aussi pour dégraisser les pâtes.

Dans certaines pâtes fortement alumineuses, il faut introduire de grandes quantités d'éléments fusibles pour obtenir la transparence, aussi rencontre-t-on de grandes difficultés dans l'emploi exclusif du feldspath. Ce minéral ne contient que 15 pour 100, en chiffres ronds, d'oxydes alcalins; on est amené pour contrebalancer l'action de l'excès d'alumine à augmenter l'alcalinité par l'addition de grandes quantités de feldspath et, par suite, à amaigrir considérablement la pâte, sans compter qu'on élève le point de cuisson. La chaux, qui s'introduit à l'état de craie renfermant 56 pour 100 d'oxyde, fait office de fondant et le minéral qui la fournit donne la facilité de composer une pâte contenant la quantité de fondants nécessaire sans amener dans la masse de grandes quantités d'un corps non plastique. La craie, associée au feldspath, fait partie intégrante de certaines porcelaines, telles que la porcelaine dure de Sèvres et certaines porcelaines du commerce, fabriquées avec des kaolins de deuxième qualité, peu plastiques.

Quelques porcelaines, comme la porcelaine de Bayeux, n'ont comme fondants que les alcalis des micas, accompagnant le kaolin, et la chaux provenant de la craie qu'on ajoute à l'élément plastique.

La composition des pâtes présente de notables écarts. On admet comme compositions pratiques extrêmes :

Kaolin	65 à 35
Feldspath	20 à 40
Silice	15 à 25

La composition centésimale de quelques porcelaines est donnée dans le Tableau suivant :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
SiO^2....	74,78	72,80	70,50	70,2	70,83	66,2	66,6	61,6	60,75
Al^2O^3...	21,3	18,40	20,70	24,0	22,60	28,0	28,0	30,0	32,0
Fe^2O^2...	»	2,50	0,80	0,70	»	0,70	0,70	1,56	0,8
CaO.....	0,64	3,30	0,50	0,7	1,10	»	0,3	3,56	3,5
MgO....	»	0,30	0,10	0,1	0,46	»	0,6	»	»
K^2O.....	2,48	0,65	»	4,3	2,32	5,10	3,40	3,26	3,0
Na^2O.....	0,58	1,84	3,9	»	2,09	»	»	»	»

1. Bohême. — 2. Nymphemburg. — 3. Chine. — 4. Limoges. — 5. Sèvres (pâte nouvelle). — 6. Berry. — 7. Berlin. — 8. Bayeux. — 9. Sèvres.

On voit que le type chinois a été dépassé en acidité ou en basicité par beaucoup de porcelaines. C'est surtout en examinant les porcelaines de Sèvres et de Bayeux que l'on constate de grandes différences; les pâtes sont fortement alumineuses, 32 et 30 pour 100, alors que l'analyse de la pâte chinoise ne possède qu'une teneur beaucoup moins élevée. La pâte de Bayeux est une des plus calcaires avec 3,56; pourtant une analyse de pâte de Sèvres, plus ancienne que celle que nous donnons, indique 4,50 de chaux. L'alumine, dans ce dernier exemple, s'élève à 34 pour 100.

A Meissen, on a fabriqué une pâte encore plus alumineuse, à peine calcaire, avec 35,43 pour 100 d'alumine.

La pâte nouvelle, la pâte de Limoges citée, la pâte de Berlin s'écartent peu de celle de Chine.

La moyenne des oxydes fondants (chaux, potasse et soude) représente environ 5 pour 100 dans les pâtes à porcelaines.

On admet que les pâtes destinées à la porcelaine, devant être chauffée, ont intérêt à être alumineuses.

Ce Tableau va nous donner une idée des compositions diverses des pâtes :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kaolin..................	65	25	72	77	42	50
Feldspath..............	15	35	»	9,8	»	10
Craie..................	5,5	»	5	»	4	»

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Sable quartzeux	14,5	40	23	3,4	»	»
Sable fusible renfermant 6 à 10 pour 100 d'alcalis	»	»	»	»	56	40
Tesson	»	»	»	9,8	»	»

La moins kaolinique de ces porcelaines désignée par **2** est la porcelaine nouvelle de Sèvres, puis viennent des porcelaines plus kaoliniques **5** et **6**. La pâte **1** est la pâte dure de Sèvres, c'est une pâte déjà très alumineuse, elle est calcaire. La pâte **3** est une pâte calcaire qui ne renferme pas d'autre fondant que la craie; il faut tenir compte aussi des micas accompagnant le kaolin. Enfin la plus alumineuse est une pâte destinée à la composition de porcelaines à feu.

Le Tableau suivant donne la composition moléculaire de différentes pâtes.

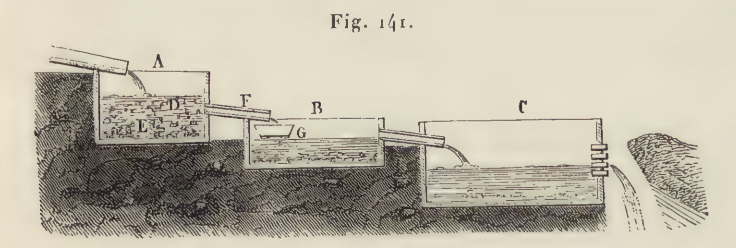
Pâte dure de Sèvres	8,02 SiO^2	2,82 Al^2O^3, Fe^2O^3	0,664 CaO 0,132 K^2O 0,210 Na^2O
Pâte nouvelle de Sèvres	14 SiO^2	2,72 Al^2O^3, Fe^2O^3	0,192 CaO 0,328 K^2O 0,480 Na^2O
Pâte de Limoges	14,38 SiO^2	2,737 Al^2O^3 0,038 Fe^2O^3	0,1409 CaO 0,1196 MgO 0,4032 K^2O 0,3372 Na^2O
Pâte chinoise (Manufacture impériale)	14 SiO^2	2,71 Al^2O^3 0,08 Fe^2O^3	0,041 CaO 0,363 K^2O 0,596 Na^2O
Autre pâte chinoise	16,96 SiO^2	3,32 Al^2O^3 0,18 Fe^2O^3	0,043 CaO 0,078 MgO 0,576 K^2O

Préparation des pâtes. — Le kaolin est l'argile des porcelainiers. Le kaolin, au sortir de la carrière, subit un triage qui le débarrasse des parties ferrugineuses, puis il est lavé. Le lavage se fait en lançant sur la roche un courant d'eau qui entraîne les matières et les garde d'autant plus longtemps en

suspension qu'elles sont plus fines et plus légères. L'étain, qui accompagne souvent le kaolin à l'état de cassitérite, se dépose un des premiers. Le sable est entraîné avec l'argile et le mica, puis se dépose à son tour. Arrivée dans les bassins de dépôt, l'eau, chargée de kaolin, emmène encore du sable fin et du mica divisé. Ces deux matières se retrouvent dans les kaolins. Les argiles kaoliniques qui répondent à la formule de la kaolinite sont naturellement en minorité.

La figure que nous donnons représente un dispositif de lavage sur place. La caisse A est une caisse de délayage. Le kaolin mis en suspension dans l'eau passe successivement dans les cuves B et C. Une fois la masse délayée en A, elle garde la matière argi-

Fig. 141.



leuse et abandonne le sable si on la laisse au repos quelques instants. On fait couler ensuite les eaux troubles en B, en même temps qu'elles traversent un tamis G qui arrête les impuretés. Dans cette seconde cuve il se fait encore un dépôt et en C on reçoit un liquide chargé seulement de particules très fines.

Ce mode opératoire est un des plus simples, il a été employé à Saint-Yrieix. C'est un type classique d'installation ([1]).

Le mode de traitement à faire subir au kaolin est lié à son état moléculaire et à la nature des corps qui l'accompagnent.

M. Larchevêque, dans son Ouvrage que nous avons déjà mentionné, donne la description des méthodes de travail adoptées à Beauvoir et aux Collettes.

Dans le premier de ces gisements on trouve des sables kaoli-

([1]) Brongniart, *Traité des Arts céramiques*, pl. V. — Salvétat, *Technologie céramique*, p. 30.

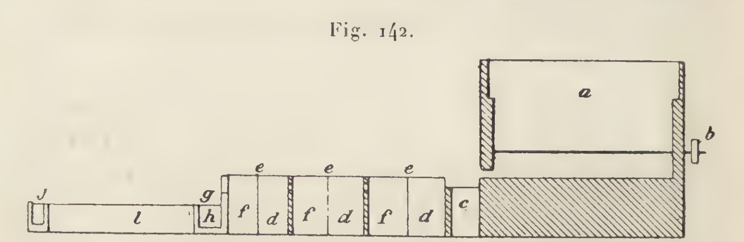
niques mélangés de diverses roches, principalement du sable quartzeux, du mica, de l'étain et des sables compacts. On désagrège ces roches par l'eau qui laisse déposer successivement le sable, l'oxyde d'étain, le mica et l'argile. Comme le gisement s'échelonne sur une colline, on utilise l'eau provenant de sources supérieures pour entraîner l'argile. La roche est jetée dans un fossé en pente où circule de l'eau. La désagrégation est accélérée par l'agitation entretenue par des manœuvres. Une fois chargée des matières fines, l'eau passe dans des grilles, puis sous une meule. L'eau abandonne en route les sables, mais elle entraîne encore du mica. On la dirige alors dans des chicanes, puis dans des cuves à décantation.

Le kaolin subit fréquemment un nouveau lavage à l'usine. Cela dépend de la qualité de la matière employée.

Nous allons dire quelques mots d'un dispositif adopté par certaines fabriques allemandes, en particulier :

Le kaolin brut est introduit dans un tambour *a*. Il se délaye grâce à un courant d'eau dont l'action est facilitée par la rotation

Fig. 142.



d'un arbre *b* à palettes. De *a* le liquide s'écoule en passant dans un canal posé au-dessus de *c* dans une série de caisses quadrangulaires cimentées, séparées en deux parties *f* et *d* par une cloison *e* mobile. Cette cloison touche presque au fond de chaque cuve. Le liquide traverse donc une moitié de la cuve dans un sens, puis la seconde moitié dans un autre. Quand les trois cuves sont remplies, l'eau chargée de kaolin sort en *g*, passe dans une cuvette *h* d'où elle se rend par un système de chicanes en *j* et gagne de là les bassins où l'argile vient se déposer. Pour éviter que l'accumulation du sable ne vienne interrompre le passage de l'eau de *f* en *d*, on a le soin de lever de temps en temps

les cloisons *e*. Il est commode d'opérer avec deux laveurs accolés. On évite ainsi toute interruption; le nettoyage de l'un n'arrêtant pas la marche du second laveur.

A la Manufacture de Meissen, en Saxe, on lave le kaolin par un processus analogue.

La Manufacture de Sèvres lave ses kaolins en suivant un mode opératoire très peu différent. Elle délaye l'argile dans un appareil construit à peu près comme celui indiqué précédemment (*fig.* 11, p. 116), puis elle envoie la barbotine à travers un tamis, lui fait traverser une série d'appareils comme ceux que nous avons décrits (*fig.* 13, p. 118) et la fait courir dans des rigoles en chicanes.

Le kaolin est ensuite raffermi comme une pâte au moyen du filtre-presse si l'on a besoin de l'obtenir sous forme solide. Il constitue le kaolin lavé.

La silice prise à l'état de sable quartzeux est sous la forme la plus avantageuse puisqu'elle est déjà divisée. L'emploi du quartz nécessite une rupture des blocs avant de procéder au broyage proprement dit. S'il est nécessaire, on lave le sable dans un courant d'eau traversant un cylindre laveur. On peut ainsi se débarrasser d'impuretés telles que les composés ferrugineux et les micas en fragments un peu gros.

Le feldspath est ordinairement potassique. C'est l'orthose qui sert de terme de comparaison. Les feldspaths de l'industrie renferment toujours de la soude et, parfois aussi, de la chaux. Il faut ajouter la pegmatite à la suite de l'orthose.

La craie est suffisamment répandue pour rendre inutile la mention de ses gisements. Il est important pour la fabrication de la porcelaine qu'elle ne soit pas ferrugineuse.

La pâte se composera en poids ou en volume; nous n'avons pas à revenir sur les manœuvres nécessaires pour effectuer les opérations relatives à sa composition.

Une fois délayées et mélangées, les matières sont tamisées, puis la barbotine est raffermie et malaxée.

Façonnage. — Le façonnage est délicat, car la masse subit, pendant sa cuisson, un travail chimique interne et les chocs

qu'a subis la matière pendant le façonnage se répercutent d'une manière préjudiciable sur les pièces. Les torsions, les inégalités de pression ont une action sur les pièces terminées et les déparent.

De même que la faïence fine la porcelaine fait appel presque continuellement au façonnage mécanique. Les tourneurs ébaucheurs sont réduits à quelques unités dans les grandes fabriques. Le matériel employé par les faïenciers est un peu brutal, aussi doit-on apporter dans le travail des modifications nécessitées par la nature de la pâte à porcelaine.

L'introduction du coulage, déjà ancien dans cette partie de l'industrie, a rendu d'immenses services et facilité la fabrication de pièces difficiles. Grâce aux perfectionnements qu'on lui a apportés dans ces dernières années, le coulage est devenu un auxiliaire précieux restreignant beaucoup le moulage. Ce dernier procédé était resté pendant longtemps le seul moyen d'obtenir certaines pièces.

Le mieux, pour se faire une idée de la fabrication, est de décrire le façonnage d'un certain nombre d'objets.

Une première observation est nécessaire avant d'aller plus loin. On doit tenir compte dans la fabrication de la porcelaine de la déformation qu'amène la pesanteur pendant la vitrification. A ce moment la pâte a une résistance minima et une tendance à s'affaisser. Dans l'encastage on remédie dans les limites du possible à l'affaissement, mais il n'est pas possible d'y remédier absolument. Les profils de certaines pièces ne seront donc pas conformes en cru à ce que seront les pièces cuites.

L'expérience indiquera la forme à donner pour corriger la déformation pendant la cuisson.

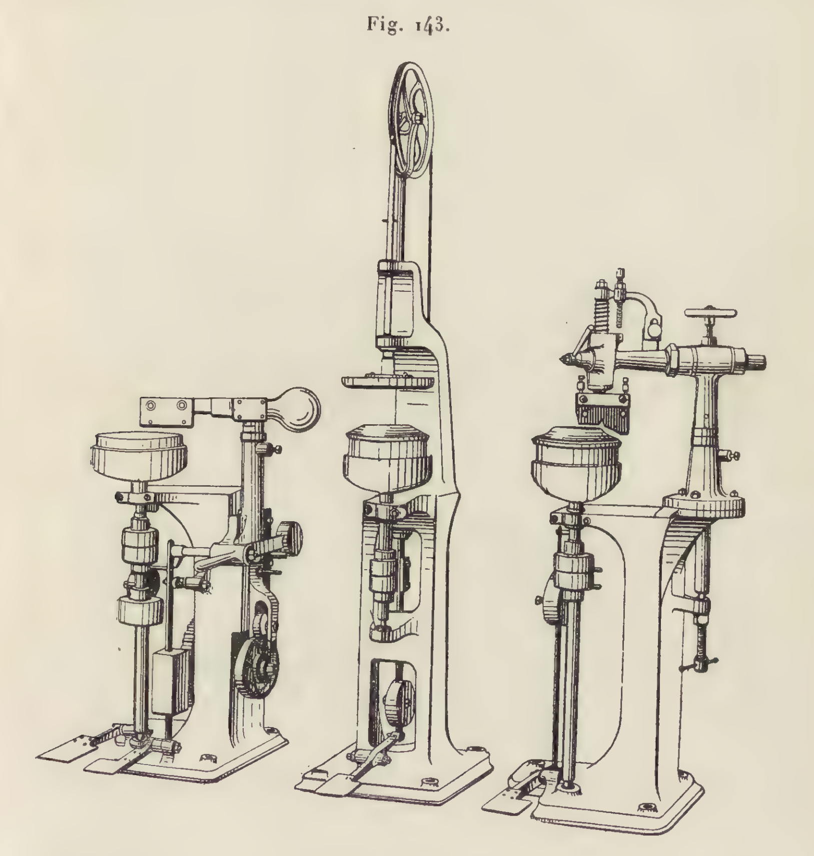
Calibrage. — Les assiettes, qui sont des pièces d'une grande consommation, demandent deux opérations : la préparation d'une croûte et le calibrage de cette croûte. Il n'est plus possible ici de travailler aussi librement que les faïenciers; le transport à la main de la croûte amènerait des pressions partout où auraient posé les doigts. On doit donc faire la croûte

sur un support approprié qui sera une peau tendue sur un cercle de métal ou tambour.

L'ouvrier écrase avec une bascule une balle de terre sur le tambour, puis porte cette croûte, en retournant le tambour, sur le moule de l'assiette. En appuyant avec une éponge et en pressant bien également on applique la croûte régulièrement sur le moule et on calibre ensuite. C'est là la vieille méthode suivie pour faire les assiettes.

Le matériel créé par M. Faure a perfectionné notablement le travail.

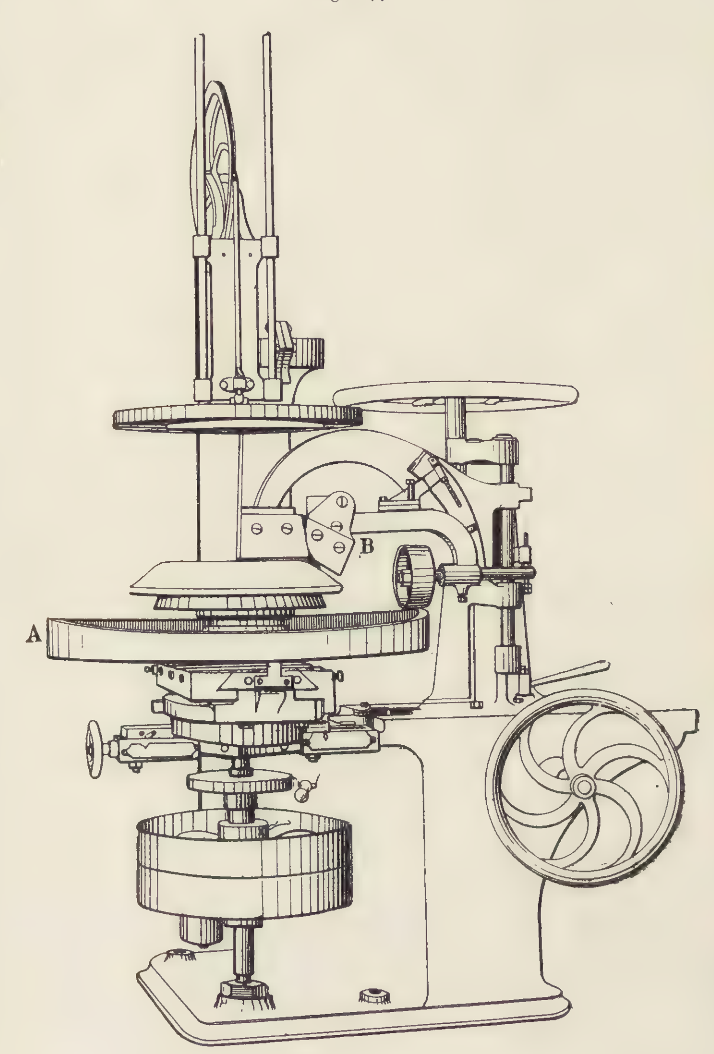
Fig. 143.



La machine à assiettes de ce constructeur comprend trois appareils : une croûteuse, une centreuse et une mouleuse.

La première sert à faire une croûte, son fonctionnement est automatique. Une fois le tambour coiffant la tête de tour, il

Fig. 144.



suffit, après avoir jeté la balle, d'appuyer sur une pédale pour amener la rotation de l'axe du tour. En même temps, une tige

supportant une règle plate, à biseau pour permettre une attaque modérée de la pâte, descend, écrase la pâte à l'épaisseur voulue et remonte après avoir effectué ce travail. Une seconde pédale commande le mouvement de cet organe; c'est au moyen d'une came qu'il est obtenu.

La croûte est portée sur la centreuse. On fixe le tambour

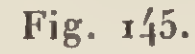
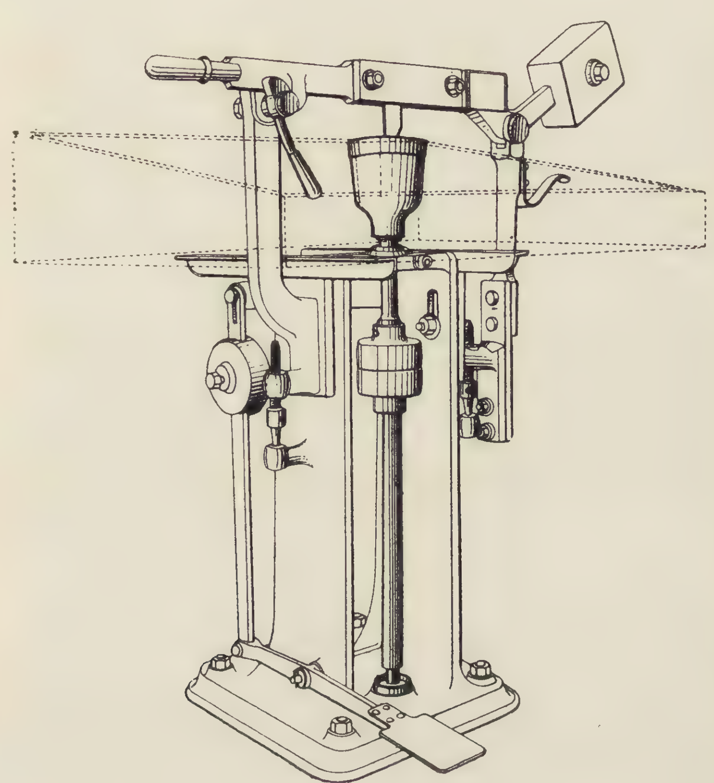


Fig. 145.

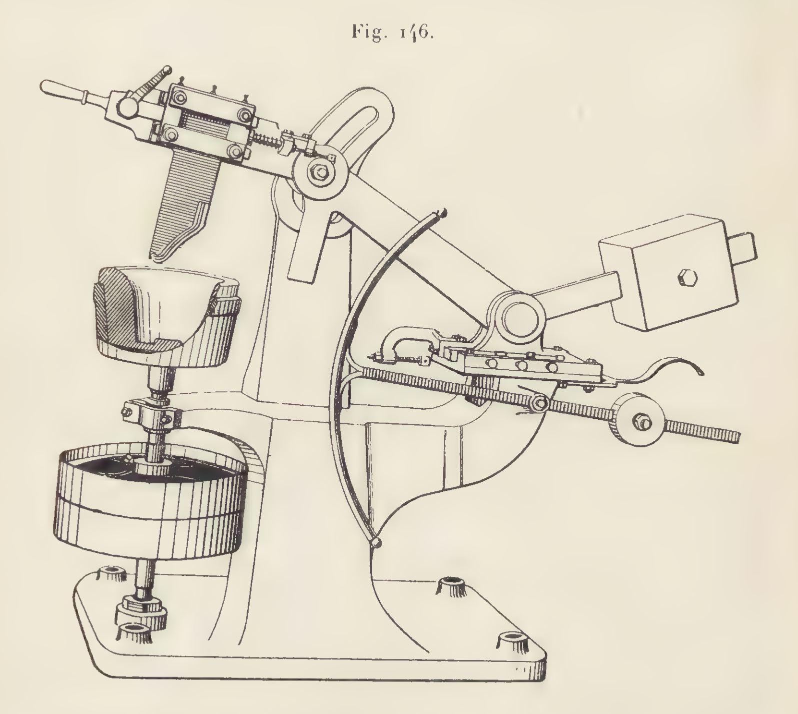


retourné sur le plateau de la machine et l'on descend l'ensemble sur un moule, placé en dessous. L'ouvrier applique la pâte en pressant sur le tout, puis il sépare le tambour et porte le moule, garni de sa croûte, sous la calibreuse. La calibreuse comprend une tête de tour, mue mécaniquement et embrayable

par une pédale, comme la croûteuse. Un bras vient maintenir un porte-estèque que l'on peut abaisser au moyen d'une manette. Une fois le tour en rotation, le façonnier n'a qu'à descendre le calibre pour découper l'assiette dans la croûte.

On peut faire le plat ovale par le même procédé, seulement le tour tourne ovale. La figure 144 montre un tour ovale, on voit que la centreuse a été fixée sur le même bâti que le tour pro-

Fig. 146.



prement dit. Certains détails particuliers à cet appareil doivent être mis en évidence. Le plat ovale en porcelaine reçoit un profil irrégulier pendant son façonnage; les bords latéraux sont plus relevés que les bords extrêmes. Par ce moyen seul on évite l'aplatissement latéral des bords pendant la cuisson. L'appareil, pour donner cette forme, a un porte-estèque articulé reposant par l'intermédiaire d'un galet sur un ovale de métal dont les bords présentent les pentes nécessaires. Ce guide tourne avec le moule et oblige l'estèque à descendre plus ou moins profon-

dément; c'est aux deux extrémités que l'inflexion de l'estèque est la plus petite.

Dans toute la fabrication de la porcelaine on sera obligé à de grands ménagements dans l'attaque de la pâte par les estèques et, dans le maniement des croûtes, on ne pourra pas agir avec la même rapidité que pour la faïence.

M. Faure, de Limoges, a construit de nombreux appareils. Les figures 145 et 146 représentent des appareils pour faire le petit creux et le grand creux.

Leur fonctionnement se comprend de suite.

Moulage. — Le moulage joue encore un très grand rôle dans la fabrication, mais il est certain que son importance sera diminuée fortement par suite du développement du coulage.

Coulage. — M. Larchevêque prépare la barbotine de coulage de la manière suivante : à 700^{kg} de pâte pressée et tamisée, il ajoute 300^{kg} d'eau. Le délayage se fait dans un appareil semblable aux délayeurs d'argile. La barbotine est épaisse, elle prend la fluidité nécessaire par une addition de 3^{kg},500 de carbonate de soude hydraté, dissous à saturation dans l'eau, et 1^{kg},800 de silicate de soude.

Les barbotines ont un poids spécifique compris entre 1750^{kg} et 1760^{kg}.

On coule maintenant des plats ovales, des théières avec anses et becs, des saucières avec leur pied, sans accident.

Dessiccation. — Une fois façonnées, les pièces tournassées et garnies de leurs accessoires, si elles en comportent, sont abandonnées à la dessiccation. Cette opération se fait à l'air libre. La pâte est moins grasse que la pâte des faïences, elle retient moins facilement l'eau que ces dernières, aussi atteint-elle une dessiccation suffisante sans soins très spéciaux.

Dégourdi. — Il reste à procéder à la cuisson et à l'émaillage. La transformation de la pâte en porcelaine demande deux cuissons. Du moins c'est le cas général. D'abord on donne à la pâte un premier feu, qui déshydrate l'argile et en fait ce que

l'on appelle du *dégourdi*. La masse a été suffisamment chauffée pour être débarrassée de l'eau combinée chimiquement. Elle a l'aspect et la porosité d'une terre cuite.

Le dégourdi est alors émaillé par immersion. Ce mode opératoire convient à la plupart des cas.

Émaillage. — La couverte de porcelaine est plus acide que le feldspath, aussi la compose-t-on avec des mélanges de quartz et de feldspath ou de pegmatites; quand ces dernières sont assez quartzeuses on peut les employer seules. L'addition d'un peu de kaolin rend la couverte plastique et en facilite l'application. A ces matières essentielles on ajoute quelquefois du tesson. Presque toutes les couvertes renferment de la chaux apportée par les matériaux constituants, mais on introduit aussi de la chaux, à l'état de craie, dans les mélanges.

Les couvertes employées à Sèvres pendant les années 1826-1842 étaient des couvertes dites *feldspathiques;* en réalité elles étaient formées avec de la pegmatite, car les analyses, données par Brongniart dans son *Traité des arts céramiques,* se rapportent à ce genre de roches. Leur teneur en chaux n'a jamais dépassé 1,9 pour 100. Ce type de couverte s'est conservé et les porcelaines de l'industrie française ont des couvertes de ce genre.

On a aussi employé des couvertes plus calcaires, plus ou moins semblables aux couvertes orientales.

Les matériaux de la couverte sont donc le quartz, le feldspath ou la pegmatite, et la craie.

Les quartz, feldspath et pegmatites sont lavés, si besoin est. Un cylindre, traversé par un courant d'eau, convient très bien pour cette opération. Pour broyer le quartz il est bon de l'avoir fait étonner au préalable.

On prépare le bain d'émail en délayant dans l'eau le mélange des matériaux. Le bain est ensuite tamisé. Sa densité a une influence sur l'opération de l'émaillage. Un bain concentré dépose plus d'émail qu'un bain étendu; la porosité du dégourdi intervient aussi dans la question, enfin la durée d'immersion fait varier l'épaisseur du dépôt.

Les pièces émaillées trop minces laissent à désirer sous le

rapport du glacé; les reliefs se montrent dégarnis de couverte. Avec un émaillage trop épais on s'expose à avoir des trous. En général les pièces difficiles à manier prennent plus d'émail que les pièces d'une manœuvre facile. Cela se comprend, puisque la durée de leur immersion est augmentée par les difficultés de leur maniement; il peut être avantageux de les plonger dans un bain d'émail d'une concentration plus faible que d'autres pièces plus commodes à tremper.

Il y a intérêt à avoir une couverte très bien broyée. On se rendra compte de sa finesse en mesurant le temps qu'elle met à se déposer dans un vase divisé. Si l'on acidifie l'eau qui maintient la couverte en suspension, en y ajoutant du vinaigre, par exemple, on constate que la précipitation est retardée notablement. Il y a un parti à tirer de cette observation.

Il est difficile d'éviter sur les pièces la ligne qu'amène l'égouttement de la couverte sur des surfaces planes. Quand on trempe une pièce il est bon de la ressortir par la même extrémité qu'à l'entrée dans le bain. La mise en couverte de grandes pièces présente de sérieuses difficultés, par trempage. On a vu, dans certains cas, suspendre les pièces à un équipage puis les immerger rapidement et les retirer de même.

L'insufflation rend beaucoup de services dans ce cas; il suffit de projeter régulièrement la couverte sur la surface à recouvrir. On en fait usage dans la décoration des grandes pièces.

La couverte une fois posée, les pièces subissent la retouche. Sur les parties saillantes il peut manquer de l'émail si l'on n'a pas soin de renforcer un peu la couche. En effet, quand la couverte fondue fait nappe sur la pièce, elle a tendance à couler des bords; ces derniers seraient donc dégarnis si, au pinceau, on ne posait un surplus d'émail. Il peut aussi y avoir des manques d'émail à corriger. Enfin, les endroits sur lesquels doit reposer la pièce pendant la cuisson ne peuvent conserver leur émail; on l'enlève et l'on brosse la partie à désémailler.

Le glacé et le nappé de la couverte sont liés à sa fusibilité; il faut que la couche puisse s'étaler sans que la couche devienne trop fluide. Une couverte trop fluide coulerait dans les creux et s'y amasserait.

Encastage. — La porcelaine, mise en couverte, demande un encastage très soigné.

Tous les objets pouvant s'empiler sont encastés dans des gazettes dites à *cul-de-lampe*. La pièce repose sur un rondeau F placé sur le cul-de-lampe. Ce rondeau est maintenu par des cales de lut posées sur le fond de la gazette. Le cul-de-lampe permet de gagner de la place; en effet, le creux de la pièce ne se trouve pas gêné par le fond de la gazette supérieure (*fig.* 147).

Fig. 147.

Fig. 148.

Pendant toute la durée de ces travaux d'encastage on doit éviter les poussières; la gazetterie sera bien brossée pour empêcher que des grains ne viennent tomber sur la pièce.

On a cherché à gagner le plus de place possible dans l'encastage. Le système imaginé par Régnier a l'avantage de supprimer le rondeau inférieur, mais il demande un matériel de forme spéciale. La figure permet de voir facilement la disposition de l'encastage de Régnier. Il a recours à des enveloppes de forme appropriée qui viennent s'emboîter dans des cerces à talons. L'industrie a transformé l'encastage Régnier; nous représentons ici le matériel original de Régnier. L'industrie l'a modifié pour le rendre moins coûteux.

Quand les pièces ne sont pas d'une forme permettant l'empilage, comme précédemment, on les place dans des gazettes de plein fond. Si l'on ne redoute pas de gauchissement on encaste sur le plein fond, c'est le cas des petits objets. Quand on craint des déformations, on place les pièces sur un rondeau placé sur le fond de la gazette et posé bien horizontalement. Comme les pièces peuvent avoir une hauteur supérieure à celle de la

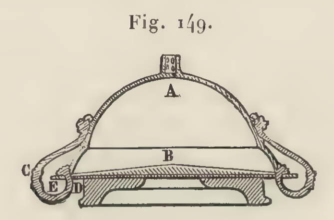
gazette, on se sert de cerces qui aident à former un cylindre de capacité suffisante.

Les pièces ne doivent pas reposer sur la terre du rondeau, mais bien sur du sable tamisé dont on recouvre les rondeaux pour éviter l'adhérence. Les surfaces sur lesquelles elles portent sont dressées de manière à présenter une surface plane; le retrait, s'il s'effectuait sur une surface non plane, serait suivi de gauchissements.

Le ramollissement qui accompagne la formation de la porcelaine est la source d'une série d'accidents qu'il faut éviter. Ce travail de la vitrification de la pâte ne commence qu'à la fusion du feldspath, c'est-à-dire à une température déjà élevée; il est accompagné de tractions dans divers sens et il faut pouvoir empêcher que leur action sur une matière ramollie n'ait un effet fâcheux. Les pâtes très feldspathiques supportent un travail plus lent que les pâtes calcaires. Dans ces dernières l'action de la chaux sur la masse est beaucoup plus tardive que dans les premières, aussi la vitrification est-elle plus rapide, ce qui est un inconvénient.

Les pièces à section circulaire ne sont pas posées sans précaution dans le four; un support leur est nécessaire parfois si l'on veut leur conserver leur forme ronde. Le dessin d'une pièce

Fig. 149.



posée sur son support sera plus explicite que toute description (voir *fig.* 149). On voit en effet que, posée sur cette surface tronconique B, la pièce prendra un retrait régulier et gardera sa rondeur.

Dans le cas de grandes pièces ou de pièces présentant des parties très avancées on a recours à des supports pour empêcher la chute de ces parties. Une figurine dont les bras sont en

avant devra être soutenue et des supports seront posés sous ses bras. Ces supports sont faits avec de la pâte crue de même nature que celle qui sert à la confection de la pièce.

Les pièces qui manquent d'assise comme certains vases sont cuites retournées, on évite ainsi la chute de la tête du vase. Dans la figure qui représente l'intérieur d'un four avec son encastage, on en voit un exemple dans les piles B et J.

Quand on peut cuire les pièces l'une sur l'autre, autrement dit *à boucheton*, il n'est pas besoin de support; ainsi le couvercle d'un sucrier posé sur le sucrier permet d'utiliser les deux pièces pour se maintenir l'une l'autre. (On a représenté des pièces de cet ordre en A et C, *fig.* 147).

Il y a une précaution indispensable à prendre, dès que l'on fait usage de supports, c'est de ne pas laisser de couverte sur les parties qui doivent rester au contact. On ajoute en même temps une composition appelée *terrage* ou *engommage*. On a employé un mélange de sable et d'un peu d'argile; on se trouve mieux maintenant d'engommer avec de l'alumine, mais cela est plus cher. La matière pulvérisée et délayée dans la glycérine, additionnée de dextrine, fournit un engommage facile à appliquer au pinceau.

L'enfournement de la porcelaine encastée exige particulièrement du soin par suite de la température élevée que l'on est obligé d'atteindre dans la cuisson.

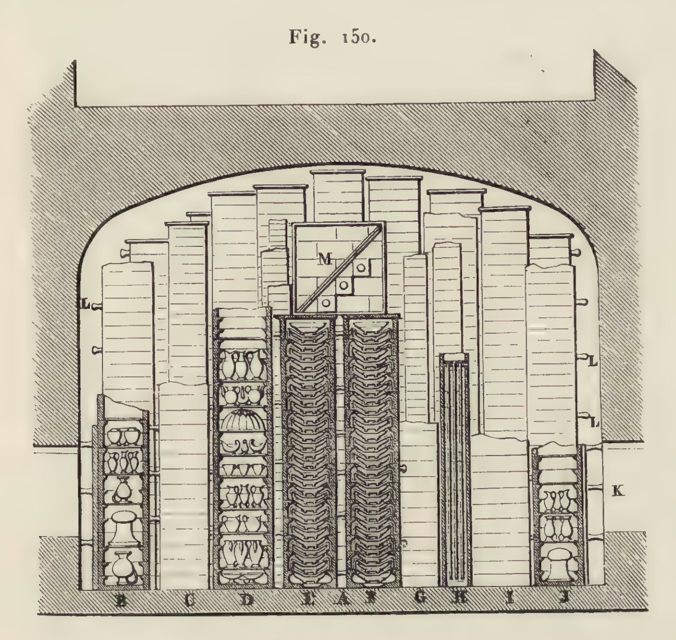
La sole du four est recouverte d'une couche de sable quartzeux, puis on commence à élever des piles bien verticales en les appuyant sur des colombins. La couche de sable a pour but d'empêcher l'adhérence des colombins à la sole après la cuisson. On monte les piles bien verticalement en posant les gazettes sur des colombins disposés sur leur bord. De cette manière on peut élever des piles verticales présentant le plus de résistance possible à la chute. On maintient les piles au moyen d'*accots* L, c'est-à-dire de morceaux de terre cuite jouant le rôle d'étais.

Les piles placées devant les foyers, *piles de feu*, ont leur partie inférieure formée par une gazetterie très épaisse afin de supporter sans accident l'action brutale de la flamme. Ces piles

de feu ne peuvent recevoir aucune marchandise dans cette partie de leur hauteur.

Dans l'enfournement on tient compte le plus possible de la place où l'on élève les piles et l'on pose les pièces délicates à distance des piles de feu.

Fig. 150.



La jonction des gazettes se fait avec du lut; ce lut est fait avec une argile réfractaire dégraissée par du sable quartzeux. On amène le lut à l'état de colombins par passage à la filière.

Les files sont lutées soigneusement puis fermées à leur partie supérieure par un rondeau.

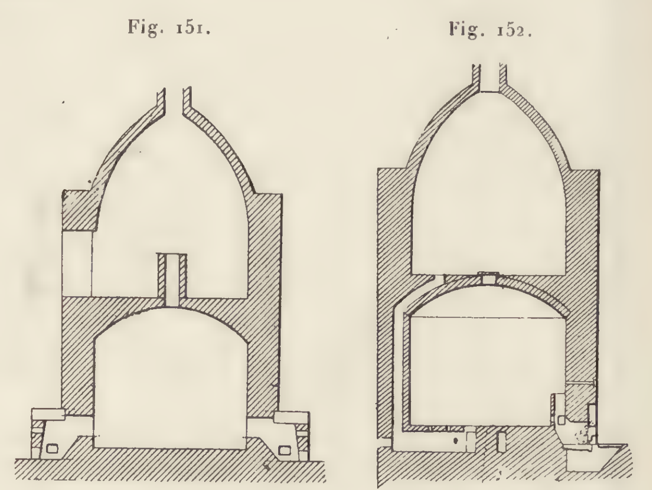
Dans la coupe du four encasté, représenté ci-contre, on voit les piles maintenues par les accots L. En M est une plaque, en E et F sont des piles d'assiettes, en H des tubes, en B et J divers objets.

Cuisson. — Les fours qu'emploient les porcelainiers ont deux étages. Ce sont des fours à axe vertical. Le laboratoire reçoit directement l'action du feu, c'est là que s'effectue la cuisson de

la porcelaine et de l'émail. Le globe est traversé par les gaz sortant du laboratoire, il sert à faire le dégourdi.

Les fours à porcelaine sont à flamme directe ou à flamme renversée.

Fig. 151. Fig. 152.



Les fours à flamme directe sont traversés de bas en haut par la flamme; dans les fours à flamme renversée la flamme vient frapper la voûte du laboratoire et redescend jusqu'à la sole. Là, elle trouve des carneaux en relation avec des cheminées, placées dans les parois, qui communiquent avec le globe.

Les fours à flamme directe sont plus simples de construction et d'entretien que les fours à flamme renversée. Ces derniers donnent un meilleur mélange des gaz et ont l'avantage d'attaquer les piles par le haut, ce qui expose moins le matériel à des coupages de piles. Pour forcer la flamme à monter le long des premières piles on a soin de murer les piles situées devant les alandiers. L'encastage dans ces fours doit être disposé de telle sorte qu'il ne bouche pas les carneaux de sortie. On place les piles sur des briques réfractaires posées autour de ces ouvertures.

Nous donnons le croquis de deux fours appartenant à ces deux systèmes; le premier ayant des alandiers au bois, le second des alandiers au charbon.

Il est très important de surveiller la nature de l'atmosphère pendant la cuisson de la porcelaine. Cette cuisson comprend un petit feu et un grand feu.

La cuisson commence lentement avec peu de combustible et un excès d'air. Plus tard, quand le four est un peu chaud, on augmente les charges de combustible. L'atmosphère devient alors réductrice et l'on maintient cette allure pendant le début du grand feu. Le fer que renferme toujours la pâte est réduit à l'état ferreux; son pouvoir colorant à cet état est négligeable. Cette atmosphère réductrice est indispensable tant que l'émail n'est pas fondu. Une fois la couverte en fusion, la masse est protégée de l'oxydation et le feu peut être conduit avec l'allure que l'on veut. A la fin de la cuisson on cuit en oxydant.

Nous avons dit en parlant de la cuisson comment on passait du petit feu au grand feu quand on employait le bois comme combustible.

Quand on cuit au charbon on commence par de petites charges (12^{cm} à 15^{cm} sur les grilles) avec les portes des alandiers ouvertes, ensuite (au bout de 6 heures) on ferme ces portes ([1]). Au moment du grand feu on décrasse les grilles et l'on met une charge plus épaisse. Il faut de temps en temps piquer les alandiers pour donner de l'air. On charge pendant la période réductrice dès que la flamme devient bleue; ce qui indique une combustion de l'oxyde de carbone dans l'alandier et, par suite, excès d'air.

Les porcelainiers se guident beaucoup dans leur cuisson par l'examen de montres recouvertes d'émail. On tire du four une montre et, quand elle est suffisamment refroidie, l'on regarde l'image d'un objet à arêtes déterminées. Une image nette indique une bonne cuisson d'émail, une image ondulée un nappé insuffisant.

La porcelaine enlevée du four n'est pas exempte de défauts. En dehors de la casse et de la déformation des pièces, des taches sur l'émail, il y a un autre accident important, c'est la formation de grains. Cet accident est dû à la chute de particules pro-

---

([1]) Nous donnons comme exemple une marche de four du Berry.

venant de la gazetterie qui sont fixées sur la porcelaine par l'émail fondu.

On use ces grains au tour horizontal, avec une polisseuse garnie de matières dures, incapables de laisser des traces. On finit avec une roue de liège et de l'émail.

Tous les pieds de pièces sont dépourvus d'émail; ils sortent rugueux du four. On les passe également au tour à polir. On commence avec un grès dur, puis on termine avec de la potée d'étain; dans l'intervalle on a eu recours à de l'émail très fin.

§ 1. — Fabrication française.

Le Berry et le Limousin représentent les deux grands centres porcelainiers de France.

Ils consomment le kaolin de ces deux régions ([1]), quelquefois aussi des kaolins anglais. Le feldspath qu'ils utilisent est tantôt français, tantôt originaire de Suède ou de Norvège. Les sables du Cher, de la Nièvre conviennent pour cette fabrication.

Les pâtes sont presque toujours fabriquées par des industriels spéciaux, les pâtiers. C'est à eux que revient le soin de préparer les matériaux et de composer les pâtes, de sorte que les porcelainiers travaillent souvent avec des matériaux dont la nature leur est inconnue.

Le moulin Alsing est répandu dans l'industrie française, mais le vieux matériel est encore très usité. Le broyeur est encore parfois une meule horizontale échancrée, tournant sur une seconde meule. Nous l'avons décrit figure 23, page 131. On monte ces moulins en beffroi.

Il est juste de faire remarquer que le façonnage a reçu de nombreuses améliorations que les autres pays n'ont adopté que plus tard. La machine à battre la pâte dont l'usage est général dans la porcelainerie française ne se répand que lentement chez les porcelainiers allemands.

([1]) Les Eyzies (Dordogne), Saint-Yrieix et la Jonchère (Haute-Vienne), Beauvoir (Allier), les Collettes, Loudéac.

Le matériel de façonnage pour la vaisselle courante a été très perfectionné dans ces dernières années. M. Faure, à Limoges, et M. Rossignol, à Vierzon, ont créé une série d'appareils très solides et très bien compris, qui, après avoir été appréciés en France, prennent leur place à l'étranger.

Dans le façonnage de la porcelaine technique, les rôles sont renversés et l'avance se trouve du côté de l'Allemagne tant pour l'excellence du matériel que pour la qualité des produits fabriqués.

Les fours employés en France sont maintenant, en grand nombre, du système dit *à flamme renversée*. On les construit même dans de très grandes dimensions; les grands fours du Limousin ont près de 6^m de diamètre [exactement 18 pieds [1], soit $5^m,84$], ils renferment 120^{m^3}. Le nombre des alandiers qui alimentent les grands fours est variable avec le diamètre. Il est souvent de 12 dans un four de 6^m. Pour un four de ce genre, alimenté par 8 alandiers, la surface de grille était de $6^{m^2},40$, soit $0^{m^2},05$ par mètre cube. Pour des fours limousins moins grands, nous avons trouvé des dimensions de grille analogues.

La consommation de ces fours sera indiquée dans le Tableau suivant, qui donne également la durée moyenne de la cuisson :

Cube.	Durée de la cuisson.	Quantité de charbon brûlé.
120^{m^3}	50^h-54^h	20^t
69	44-47	12,5
51	43	10

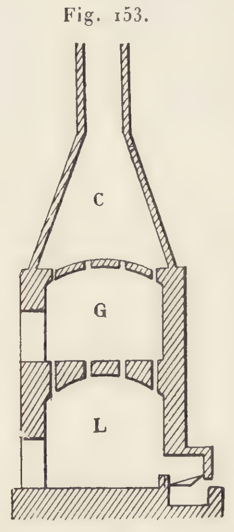
Les fours construits en France (flamme renversée) appartiennent ordinairement à deux types : l'un construit par M. Cadet, l'autre construit par M. Bonneville. Les deux systèmes ne diffèrent guère que par une double voûte de globe qui existe dans le four Bonneville et qui est supprimée dans le four Cadet. Cette voûte vient séparer le globe de la cheminée; elle est posée à la base du cône qui commence cette dernière. Le construc-

(1) Les porcelainiers ont gardé l'habitude de compter en pieds, pouces, etc.

teur a ajouté, dans ce four, des cheminons auxiliaires réglables par des registres ([1]).

La figure 153 montre un four à globe voûté, mais à flamme directe.

Fig. 153.



La manière dont on conduit la cuisson présente des particularités singulières. Les cuiseurs ont l'habitude de tellement cuire en réducteur qu'à la fin de la cuisson le globe se trouve complètement encrassé par des dépôts de carbone pulvérulent. On chasse et brûle ce carbone en introduisant, à la fin de la cuisson, du bois dans les alandiers. Quand le moment du décrassage est arrivé, au moyen d'une tige de fer, traversant le globe et reposant sur la sole, on arrache le rondeau fermant le passage direct du laboratoire au globe quand le four est à flamme renversée. Le four fonctionne alors comme un four à flamme directe. Le bois dégage une grande quantité de gaz qui provoque le lavage du globe.

Cette manière de conduire le feu est spéciale à la région et ne se retrouve pas dans d'autres pays.

La cuisson de la porcelaine se fait au charbon, le bois n'est

---

([1]) Larchevêque, *loc. cit.*, p. 140, fig. 118.

employé qu'exceptionnellement. Dans le Berry on utilise des alandiers moins bien compris que ceux que nous avons donnés. Nous renvoyons pour leur description à l'Ouvrage de M. Larchevêque [1].

Les Limousins ont également diverses formes d'alandiers. L'un des plus employés est l'alandier dit de *Minton*.

Ce dernier alandier est formé d'une cuve quadrangulaire fermée à sa partie inférieure par une grille. Pour charger l'alandier, on introduit le charbon par la partie supérieure en ouvrant une porte à parois de fonte. L'air entre par une ouverture, ménagée à la partie inférieure qui permet à l'air de passer sous la grille et au-dessus de la grille quand cette dernière est encrassée.

Le gaz de gazogène n'est pas employé couramment, il a été essayé dans des fours continus qui n'ont pas donné les résultats attendus, sans qu'il soit permis pour cela d'incriminer le gaz lui-même. La manière dont on a conduit les essais n'est pas sans prêter le flanc à la critique [2].

Les fours à porcelaines que nous avons cités ont les formes les plus employées. Il existe de nombreuses variantes [3].

Les pâtes françaises sont tantôt kaoliniques et feldspathiques, tantôt kaoliniques, feldspathiques et calcaires; quelquefois même le calcaire est le seul fondant [4].

§ 2. — Fabrication de Sèvres.

La fabrication de Sèvres diffère, par ses pâtes et ses procédés, de celle de l'industrie française. Son souci de faire bien et son indépendance au point de vue commercial lui permettent de faire les sacrifices nécessaires à une bonne exécution.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 141, fig. 119-120.

(2) *La Céramique*, 1901, p. 122.

(3) On trouvera dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement* la description de fours avec alandier central destiné à chauffer le centre. Fabrication de la porcelaine de Bayeux, 1857.

(4) *Voir* Larchevêque, *loc. cit.*

Sèvres emploie actuellement deux pâtes bien distinctes : l'une très alumineuse, la pâte dure; l'autre plus conforme à la fabrication chinoise, la pâte nouvelle.

Pâte dure. — La pâte dure de Sèvres a subi divers remaniements depuis l'origine jusqu'en 1836. A cette époque Brongniart établit la composition actuellement en vigueur en prenant la moyenne entre les pâtes lui paraissant les meilleures. Cette manière singulière de procéder l'amena à adopter comme composition chimique moyenne :

SiO^2	58
Al^2O^3	34,5
CaO	4,5
Alcalis	3

Laissons la parole à M. Vogt [1] auquel nous empruntons ces détails : « Ce n'est pas le désir de faire une porcelaine propre à tel ou tel usage qui a guidé Brongniart dans ce cas, ni une vue scientifique, mais uniquement l'empirisme. »

Brongniart reconnut les défauts de la pâte adoptée par lui et les signala dans son Ouvrage. Il insista même sur les difficultés qu'amènerait la délicatesse de la pâte, mais il conserva ce genre de pâte excessivement alumineuse :

Kaolin	65
Feldspath	15
Quartz	14,5
Craie	5,5

La couverte au début de la fabrication fut calcaire, elle devint presque tout de suite exclusivement feldspathique. On la fait encore avec de la pegmatite. Cette couverte, excellente pour le service à cause de sa dureté, ne permet pas à la décoration de prendre tout l'éclat qu'elle pourrait acquérir.

---

(1) *La Porcelaine*, p. 236.

Pâte nouvelle. — On a donné ce nom à une pâte rappelant la porcelaine de Chine par ses propriétés et établie à Sèvres il y a près de vingt ans par MM. Lauth et Vogt.

Le but des recherches qui ont abouti à la création de cette porcelaine était d'obtenir une pâte sur laquelle des émaux et des couleurs pouvaient s'appliquer avec plus d'éclat et en plus grand nombre que sur la porcelaine dure ordinaire [1].

Le Tableau des compositions de différentes porcelaines permet de se rendre compte facilement des écarts que présentent la pâte de Sèvres et la pâte chinoise.

On a adopté pour la pâte nouvelle une composition plus en rapport avec la porcelaine de Chine, elle est donnée dans le Tableau des compositions, page 493.

La couverte adoptée finalement a été une couverte calcaire dont voici la formule moléculaire

$$4SiO^2.0,5Al^2O^3 \left\{ \begin{array}{l} 0,7CaO, \\ 0,3K^2O. \end{array} \right.$$

Soit :

Craie	70
Feldspath	167
Kaolin	52
Quartz	108

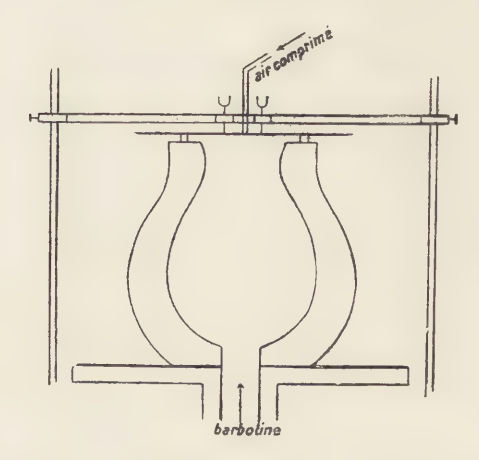
Coulage. — Une installation unique a été donnée au coulage. En dehors des vases de dimensions ordinaires que l'on peut effectuer couramment par coulage, Sèvres s'est fait une spécialité de grands vases décorés. Certains de ces vases atteignent 1m,75 de hauteur. Le façonnage de semblables pièces ne s'accommode pas des procédés ordinaires de fabrication. Aussi a-t-on donné une disposition spéciale au coulage des grandes pièces.

Le procédé employé s'applique couramment. On fait arriver la barbotine au fond d'un moule et on la laisse séjourner le

(1) Lauth et Vogt, *Notice sur la porcelaine nouvelle.*

temps voulu pour que le dépôt prenne l'épaisseur nécessaire. Sans un dispositif additionnel on ne pourrait vider le moule

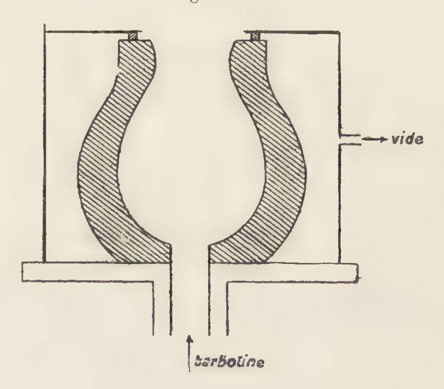
Fig. 154.



sans déterminer l'affaissement de la pâte mal raffermie au moment du vidage.

Deux moyens permettent de maintenir la pâte sur les parois

Fig. 155.



du moule. Ebelmen eut l'idée le premier de comprimer de l'air dans le moule. De cette manière la pâte était maintenue appliquée sur les parois; ce mode de travail oblige de fermer le

récipient, les ouvriers ne peuvent alors voir la pièce dans ce dernier. Régnault renversa le mode opératoire et utilisa la pression atmosphérique pour retenir la pâte déposée sur le moule. Au moyen d'une cloche métallique, on recouvre le moule, sauf son ouverture. Le vide est fait dans l'espace compris entre la cloche et la paroi du moule. La pression exercée alors est la différence entre celle de l'espace annulaire et la pression atmosphérique.

Le coulage demande de très grands moules, solides. Ceux-ci sont faits en plusieurs parties qui s'emboîtent les unes dans les autres. Le démoulage s'opère graduellement et exige des ouvriers exercés.

Une fois démoulés les vases laissent voir des coutures, on les polit. Les vases ronds sont tournassés sur un grand tour.

Cuisson. — La cuisson se fait à Sèvres dans des fours à flamme renversée pour la pâte nouvelle (*fig.* 156) et à flamme directe pour la pâte dure (*fig.* 151). On peut dire que le bois est le combustible exclusivement employé. L'emploi du charbon n'a été qu'exceptionnel. Ces fours n'ont jamais atteint les dimensions des fours de l'industrie.

Le modèle de four à trois étages, comprenant deux laboratoires superposés et que l'on trouve reproduit dans divers Ouvrages [1], n'a été qu'un essai. Il ne doit pas être considéré comme ayant été utilisé régulièrement dans la fabrication courante de la Manufacture.

Pour simplifier le travail de l'encastage on a adopté un petit mur (dans les fours à flamme renversée) qui maintient la flamme contre les parois jusqu'à peu de distance de la voûte.

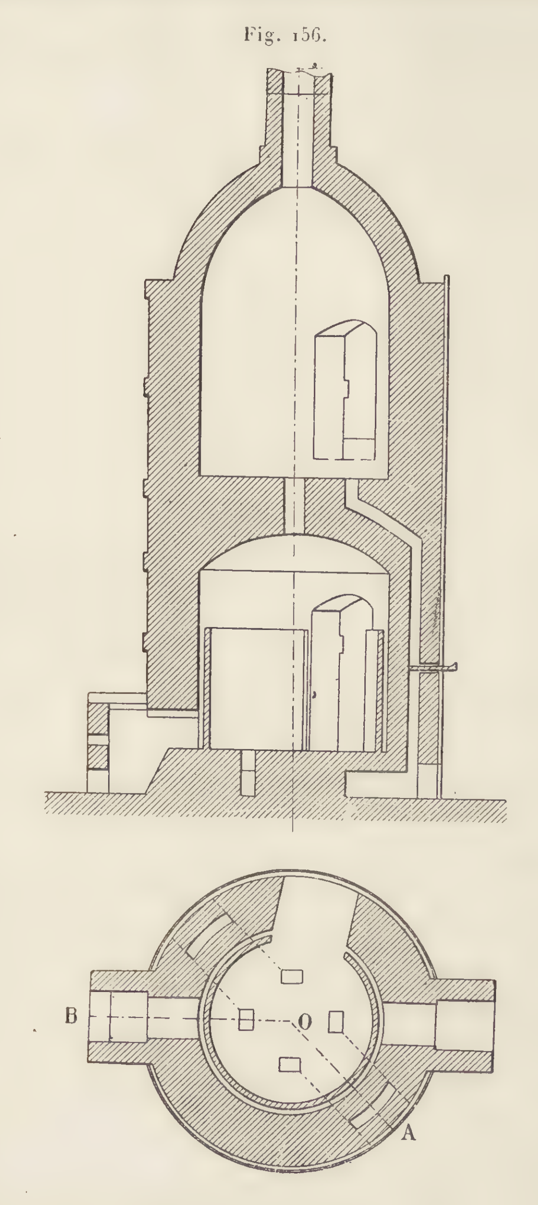
La fabrication de porcelaine ayant les propriétés de la pâte chinoise (pâte nouvelle) est restée spéciale à Sèvres.

---

(1) Brongniart, *Traité des Arts céramiques*, 1844. Atlas, *Pl. L.* — Salvetat, *Technologie céramique*, t. II, p. 213. — Des fours à laboratoires étagés ont été employés également dans d'autres manufactures, nous en donnerons plus loin un exemple.

La cuisson de la porcelaine nouvelle se fait à la montre 9

Fig. 156.



tombée et celle de la pâte dure à la montre 13.

§ 3. — Fabrication étrangère en Europe.

En Allemagne l'industrie porcelainière ne s'est pas massée dans des régions déterminées comme nous le voyons dans le Berry et le Limousin.

Les usines se trouvent plus disséminées qu'en France, mais on en rencontre beaucoup, de préférence dans le Sud, pas trop éloignées des gisements de kaolins.

L'industriel s'occupe de la confection de ses pâtes et n'est pas tributaire des fabricants de pâte.

Le matériel français pour le façonnage de la porcelaine est plus cher que le matériel allemand. Nous avons pourtant vendu des filtres-presses et des appareils de calibrage dont on semble faire grand cas.

Les fours à porcelaine sont de grandes dimensions (le modèle moyen a 5^{m} de diamètre), ils sont à flamme renversée. Leur chauffage se fait complètement à la houille; je laisse de côté la question de la porcelaine d'art qui peut nécessiter une cuisson plus soignée.

On semble avoir une tendance à faire de la gazetterie à la presse, mais ce procédé n'est pas employé partout. La gazetterie allemande est en général de qualité secondaire.

Le nombre toujours croissant des applications électriques a déterminé une concurrence très importante chez les fabricants; aussi le matériel isolant est-il tombé à un prix peu élevé. Certaines fabriques se sont adonnées à la confection de ce seul article et ont cherché à le produire en quantité suffisamment considérable pour en faire la cuisson en fours continus. Ce mode de cuisson est délicat, et la porcelaine demande une étude spéciale de cette question; appliquée un peu brutalement, comme je l'ai vu, la cuisson en fours continus cause un sérieux déchet.

Le matériel isolant se fait au calibrage et à la presse; les procédés de façonnage que nous indiquons et le matériel que nous représentons plus loin proviennent d'Allemagne. Cette fabrication est plus perfectionnée chez nos voisins que chez nous.

Les pâtes sont aussi quelquefois calcaires, pourtant on semble avoir moins recours à la craie comme fondant qu'en France. Les couvertes sont ordinairement calcaires; sans atteindre la teneur des porcelaines chinoises elles renferment plus de chaux que les couvertes françaises, comme l'indiquent les formules :

Feldspath	32,5	»	»	»	»
Kaolin	9,5	37,5	37	7	30
Quartz	34,5	50	37	36	44
Calcaire	12	12,5	17,5	»	»
Tesson	11,5	»	8,5	41	12,5
Gypse	»	»	»	16	13,5

Ces trois dernières couvertes ont été employées à Meissen, Nymphembourg et Berlin.

Les Manufactures royales allemandes sont réduites maintenant au nombre de deux : la Manufacture royale de Saxe et la Manufacture royale de Prusse à Berlin-Charlottenbourg.

A Meissen on tire parti de gisements peu éloignés.

Parmi les matières premières, le kaolin vient d'un gisement peu éloigné, de Seilitz, tout près de Meissen. Ce kaolin est lavé dans un tambour tournant, traversé par un courant d'eau; la matière argileuse est entraînée par l'eau et vient se déposer sur le fond d'une série de bassins. Il est nécessaire d'opérer un lavage soigné de cette substance, car la terre à porcelaine se trouve mélangée de quartz divisé qui ne la quitte que très difficilement.

La pâte est faite en additionnant le kaolin lavé de feldspath et de quartz, auxquels on ajoute un peu de tesson.

Kaolin	72
Feldspath	26
Tesson	2 (d'après Kerl)

La couverte de Meissen est une couverte feldspathico-calcaire, comme on sait; la présence de la chaux est nécessaire pour le genre de décoration adopté, car sur une couverte exclusivement feldspathique les couleurs de moufle glaceraient mal.

La pâte a probablement subi des modifications depuis la

création de la manufacture. D'après Kerl (1), voici comment l'on composait la pâte et la couverte en 1879 :

Kaolin d'Aue	18
Kaolin de Sosa	18
Kaolin de Seilitz	36
Feldspath	26
Tesson	2

Cette pâte servait à la confection du service; pour la sculpture, on utilisait une pâte ne renfermant qu'une seule sorte de kaolin, celui d'Aue.

La couverte était formée de :

Quartz calcaire	37
Kaolin déshydraté de Seilitz	37
Calcaire compact de Pirna	17,5
Tesson	8,5

Actuellement, c'est le kaolin de Seilitz qui est la plus importante matière plastique. Il provient de la destruction d'un porphyre; son gisement est profond et nécessite une extraction à l'aide de puits de mine. On le lave à l'usine dans un grand tambour débourbeur, tournant autour de son axe, puis on fait parcourir au liquide un long trajet pendant lequel il abandonne beaucoup du quartz qui l'accompagnait. On reçoit ensuite le liquide dans des bassins où le kaolin se dépose.

Les fours de Meissen sont des fours cylindriques à axe vertical, qui ne diffèrent que par quelques détails des fours ordinaires à porcelaine. Ils sont à flamme renversée et possèdent de six à sept alandiers, pour un diamètre de 4^m à 5^m. Chaque alandier comprend deux foyers associés; à la sortie de l'alandier les gaz sortent dans un coffret analogue à ceux des fours à faïence. Les fours ont trois étages, la porcelaine se cuit au rez-de-chaussée, le dégourdi au-dessus et la gazetterie dans la partie supérieure. La cuisson se fait au charbon.

La pâte de Berlin est faite avec un kaolin qui nécessite un

---

(1) *Thonwaarenindustrie*, p. 677.

lavage soigné. Le lavage se fait dans des cuves et le liquide décanté parcourt des canaux longs et nombreux munis de tamis. La pâte est faite en additionnant l'argile de feldspath et de quartz.

A la suite d'une étude approfondie de la fabrication japonaise Seger [1] créa une porcelaine spéciale, conçue particulièrement dans un but décoratif. Sa pâte est très peu argileuse; elle est moins facile à travailler que la pâte nouvelle de Sèvres. Sa composition théorique est la suivante :

Kaolin	25
Feldspath	30
Quartz	45

On lui applique une couverte ayant même composition que celle de la porcelaine nouvelle de Sèvres :

$$\left.\begin{matrix} 0{,}3\,K^2O \\ 0{,}7\,CaO \end{matrix}\right\}\ 0{,}5\,Al^2O^3, 4\,SiO^2.$$

La cuisson se fait à la montre 9.

Les fours de Berlin sont à deux étages, comme les fours ordinaires; on les chauffe au bois ou au charbon, suivant la nature des matières à cuire. Les couleurs délicates ont intérêt à être cuites dans des fours chauffés au bois. On dispose les carneaux devant les alandiers de manière à pouvoir faire alterner le courant de flammes, soit de la périphérie au centre, soit du centre à la périphérie.

Meissen et Berlin font en outre de la porcelaine de service et de la porcelaine d'art, de la porcelaine pour usage de laboratoire. A Berlin on a particulièrement développé la fabrication de la porcelaine technique. Ce genre de porcelaine n'a pas besoin de la transparence de la porcelaine ordinaire, il se rapproche d'un grès blanc.

A la Manufacture royale de Berlin on a installé, depuis 1870, un four Mendheim dans lequel on cuit des objets usuels en blanc.

---

(1) *Seger's Schriften*, p. 561, et *Tonindustrie Zeitung*, 1892.

A Copenhague, la Manufacture royale est devenue une entreprise privée. Elle s'est rendue célèbre par sa belle fabrication.

La pâte est fortement siliceuse et son analyse, réduite aux constituants essentiels, donne :

Silice	69
Alumine	25,5
Alcalis	55,5
	100,0

Ce qui correspond à la composition de pâte :

Kaolin	47
Feldspath	33
Quartz	20

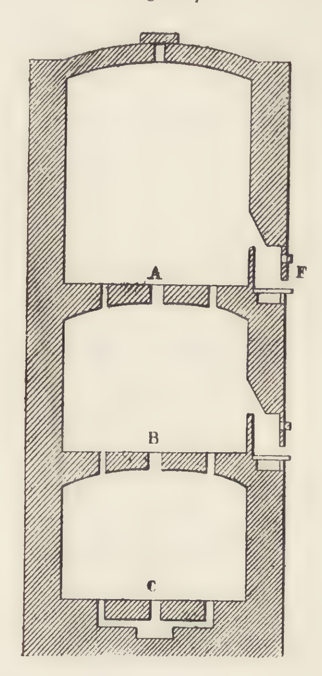
La couverte est faite avec :

Kaolin	6,75
Quartz	48,75
Feldspath	28
Craie	2,75
Tesson de dégourdi	12,75
	100,00

Comme dispositif curieux de fours à flamme renversée on peut citer le four de la Manufacture royale de Copenhague. Pour éviter le passage de la flamme dans les parois du four, passage qui oblige à construire des cheminées fâcheuses pour la solidité du four et à perdre de la chaleur pendant tout le parcours de la flamme dans les cheminées, on a disposé le laboratoire à la partie supérieure du four. Les flammes sortant du foyer montent puis redescendent traverser tout le four verticalement sans être obligées de se replier dans les parois comme dans les autres fours. Nous avons figuré ce four avec trois étages, c'est ainsi qu'il est construit. Le laboratoire a 6^{m} de haut, le globe du milieu 4^{m} et le dernier globe 3^{m}. Le diamètre du four est de 5^{m}. Le compartiment du milieu sert à la cuisson de briques et de gazettes; le dégourdi est cuit dans le dernier.

(Le croquis ci-contre ne donne pas la forme exacte des alandiers utilisés à Copenhague.)

Fig. 157.



Si la montre n'est pas placée dans des régions exceptionnellement chaudes, la porcelaine de Copenhague serait celle qui cuit à la plus haute température (montre 16).

§ 4. — Fabrication orientale.

La fabrication (1) de la porcelaine en Chine et au Japon a fait l'objet de nombreuses études. Nous résumerons ici l'état de nos connaissances.

(1) Ebelmen et Salvétat, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XXXI, 1850, p. 257. — Vogt, *Bull. Soc. Enc.*, 5e série, t. V, 1900, p. 530. — Seger, *Tonindustrie Zeitung*, 1891-1892, et *Seger's Schriften*, p. 561.

Porcelaine de Chine. — Les matières premières employées sont le *kaolin,* le *hoa-ché,* le *pé-tun* et le *yeou-ko.* Ces matériaux sont assez différents par leurs propriétés des substances mises en œuvre par l'industrie européenne.

Les kaolins chinois sont des mélanges de kaolinite, de mica, de quartz et de feldspath.

Les Chinois appellent hoa-ché des substances plastiques composées principalement de kaolinite et de mica blanc.

Le pé-tun est une roche homogène à texture fine. Cette roche contient des matières plastiques attaquables par l'acide sulfurique, mais la majeure partie de la substance résiste à l'action de ce réactif. C'est le mica qui forme la partie attaquable par l'acide sulfurique.

Le yeou-ko contient également du mica associé à du feldspath et du quartz; ce dernier peut former plus de la moitié du mélange.

Le Tableau suivant permet de se rendre compte de la composition de ces différentes matières.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Kaolinite	46,5	75,02	68,48	63,25	66,66	40,55	37,29
Mica	17,0	13,58	12,08	32,60	33,34	40,55	37,29
Albite	34	»	»	»	»	5,62 (Albite et Orthose)	15,87 (Albite et Orthose)
Orthose	»	6,78	11,84	»	»		
Quartz	2,5	5,11	7,40	4,15	»	53,83	46,84
Carbonate de chaux	»	»	»	»	»	»	»
Silice hydratée	»	»	»	»	»	»	»

	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Kaolinite	31,26	26,03	18,89	»	»	»
Mica	31,26	26,03	18,89	31,3	31,4	30,2
Albite	23,57 (Albite et Orthose)	31,59 (Albite et Orthose)	45,84 (Albite et Orthose)	13,4	11,0	11,0
Orthose				»	»	»
Quartz	45,17	42,38	35,87	52,9	55,6	56,5
Silice hydratée	»	»	»	1,0	»	»
Carbonate de chaux	»	»	»	2,0	1,9	2,3

1. Kaolin de Ming-cha. — 2. Kaolin de Tong-kang. — 3. Hoa-ché de Yu-kang. — 4. Hoa-ché de Yu-kang. — 5. Hoa-ché de Yu-kang. — 6. Pé-

tun de Cheo-ki. — 7. Pé-tun de Yu-kang. — 8. Pé-tun de Kimen. — 9. Pé-tun de la Manufacture impériale. — 10. Pé-tun de San-pao-pong. — 11. Yeou-ko de Koui-ki. — 12. Yeou-ko de la Manufacture impériale. — 13. Yeou-ko de Tou-tchang.

Tous ces matériaux n'entrent pas dans la composition de toutes les pâtes à porcelaine; le kaolin et le hoa-ché jouent le rôle d'éléments plastiques et sont employés ensemble ou séparément. Le yeou-ko est l'élément fusible et le pé-tun un élément intermédiaire.

Voici, du reste, quelques compositions de pâtes :

	I.	II.	III.
Kaolin de Tong-kang.....	40	30	»
Hoa-ché................	»	»	40
Pé-tun de Kimen.........	40	50	»
Yeou-ko de Koui-ki.......	20	20	»
» Tong-tchang..	»	»	60

Comme il serait très difficile de se faire une idée de la composition chimique de ces trois pâtes par le seul examen des quantités de matières premières formant la pâte, nous avons mis ces pâtes en formules moléculaires :

$$\text{I.} \quad 16,96\,SiO^2 \left\{ \begin{array}{l} 3,32\,Al^2O^3 \\ 0,18\,Fe^2O^3 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 0,043\,CaO, \\ 0,078\,MgO, \\ 0,576\,K^2O, \\ 0,303\,Na^2O. \end{array} \right.$$

$$\text{II.} \quad 15,17\,SiO^2 \left\{ \begin{array}{l} 3,07\,Al^2O^3 \\ 0,10\,Fe^2O^3 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 0,204\,CaO, \\ 0,038\,MgO, \\ 0,413\,K^2O, \\ 0,345\,Na^2O, \end{array} \right.$$

$$\text{III.} \quad 14,40\,SiO^2 \left\{ \begin{array}{l} 2,79\,Al^2O^3 \\ 0,08\,Fe^2O^3 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 0,139\,CaO,\ MgO, \\ 0,371\,K^2O, \\ 0,490\,Na^2O. \end{array} \right.$$

Les pâtes chinoises ne subissent pas de dégourdi. L'application de la couverte se fait par aspersion sur le cru. Quand il s'agit de grandes pièces, on pose trois couches par insufflation;

la quatrième et dernière couche est donnée au moyen d'un pinceau très doux.

La couverte chinoise est formée d'un mélange de calcaire et de yeou-ko. On peut la représenter par la formule

$$4,57\,SiO^2 \left\{ \begin{array}{l} 0,556\,Al^2O^3 \\ 0,010\,Fe^2O^3 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 0,680\,CaO, \\ 0,043\,MgO, \\ 0,142\,Na^2O, \\ 0,135\,K^2O. \end{array} \right.$$

Le four chinois est un four couché. Sa longueur est de 11^m en chiffres ronds, sa largeur maxima de $4^m,50$ et sa hauteur de $6^m,50$. Le four est entouré de massifs de terre sur les faces, sauf sur la face antérieure où se trouve un alandier. Une cheminée termine le four. Le foyer placé au bas du four et à l'intérieur a $0^m,85$ de long, 1^m de large et $0^m,70$ de profondeur. Il se trouve au-dessous de la porte du four et, lorsque cette dernière est murée, il se trouve dans l'intérieur du four. Le combustible est le bois et le foyer, qui le reçoit, a une grille formée avec des débris de gazettes [1].

Un four ainsi construit ne peut avoir qu'une atmosphère très variable comme composition de l'entrée à la sortie. Les Chinois, avec beaucoup d'habileté, savent tirer parti de cette irrégularité; ils placent les couvertes à réduction près du foyer et les couvertes à oxydation dans la zone oxydante de la flamme.

Le four chinois possède, dans la voûte et sur la face, des ouvertures sur le rôle desquelles nous sommes peu fixés. Tout porte à croire qu'on les utilise pour des rentrées d'air, si cela est nécessaire.

Porcelaine du Japon. — Les analyses des pâtes japonaises, faites par Seger, ont été faites à une époque où la présence du mica dans les argiles n'avait pas été mise en évidence. Ce chimiste avait pourtant remarqué la grande richesse en alcalis des matières plastiques japonaises. Il en déduisait qu'il était pos-

---

(1) On trouvera dans le Mémoire de M. Vogt la reproduction de ce four.

sible que la roche naturelle, formant l'élément plastique, renfermât un minéral potassique attaquable par l'acide sulfurique comme la kaolinite. Les matériaux plastiques auxquels il a fait allusion contiennent de 5,76 à 7,12 pour 100 d'oxydes alcalins. Ce sont donc des roches fortement micacées et analogues, probablement, aux matériaux chinois.

Les pâtes japonaises examinées seraient comprises entre :

$$16{,}5\,SiO^2,\ 2{,}25\,Al^2O^3 \begin{cases} 0{,}10\,MgO.CaO, \\ 0{,}64\,K^2O, \\ 0{,}26\,Na^2O; \end{cases}$$

$$25\,SiO^2,\ 3{,}31\,Al^2O^3 \begin{cases} 0{,}939\,K^2O, \\ 0{,}061\,Na^2O, \end{cases}$$

et les couvertes seraient voisines du type chinois $4{,}42\,SiO^2$, $0{,}55\,Al^2O^3.M^2O$ et $5{,}04\,SiO^2$, $0{,}59\,Al^2O^3.M^2O$.

Les documents les plus précis que nous ayons sur la porcelaine japonaise nous viennent de Seger ([1]), qui a publié sur cette fabrication un intéressant travail d'ensemble.

Les résultats analytiques obtenus montrent que, comme dans les porcelaines chinoises, la teneur en silice est plus élevée et la quantité d'alumine moindre que dans les produits européens. Dans les pâtes japonaises, les écarts varient pour la silice de 74,53 à 71,31 et pour l'alumine de 19,94 à 16,09, tandis qu'en Europe nous trouvons des pâtes renfermant en général de 52,94 à 66,78 de silice avec une teneur en alumine allant de 22,70 à 28,91.

Les matériaux utilisés par les Japonais semblent donc s'écarter, comme ceux des Chinois, des matières premières que nous utilisons en Europe.

Le four japonais diffère notablement du four chinois. Par une erreur difficile à expliquer on a reproduit, dans l'Ouvrage de Brongniart ([2]), sous le nom de fours chinois des fours japonais. Le four employé au Japon pour la cuisson de la porcelaine se compose d'une série de fours construits sur une pente et placés

---

([1]) *Seger's Schriften*, p. 561, et *Tonindustrie Zeitung*, 1890, p. 769.

([2]) *Traité des Arts céramiques*, Atlas, Pl. XLIV, figure 1. Paris, 1844.

à la suite les uns des autres. En bas se trouve un petit four cylindrique ayant 2^m de diamètre; devant lui se trouve un alandier. La flamme traverse ce premier four, puis sort, par une ouverture placée près de la sole, et entre dans le second four. Le diamètre de ce four est supérieur à celui du premier et l'on échelonne ainsi les fours à la suite les uns des autres en augmentant chaque fois le diamètre. Le nombre de fours que l'on installe est variable d'après Seger. M. Kitamoura, professeur à l'École industrielle de Kanazawa, qui m'a communiqué des dessins de ces fours, m'a indiqué qu'en moyenne on n'en disposait que quatre, le plus petit ayant 2^m et le dernier 8^m de diamètre.

Ces fours ne sont pas toujours ronds, on les construit aussi en leur donnant une forme presque rectangulaire.

La cuisson s'opère comme dans un four continu, en quelque sorte, les produits de la combustion sortis du premier four allant traverser les chambres suivantes. Quand le premier four est cuit on cesse le feu et l'on continue la cuisson en allumant les alandiers ménagés entre le four 1 et le four 2; on continue ainsi jusqu'à sa cuisson, puis l'on termine la cuisson des chambres 3 et 4 en opérant de même.

§ 5. — Porcelaine pour usage technique.

Nous dirons ici quelques mots de la porcelaine de laboratoire et de la porcelaine utilisée dans l'industrie électrique (isolateurs, etc.).

Porcelaine de laboratoire. — La capsule de porcelaine dont on se sert dans les laboratoires s'est faite pendant longtemps par tournage. Le tournage étant coûteux et demandant des ouvriers exercés, on a été amené à lui substituer le calibrage et le coulage.

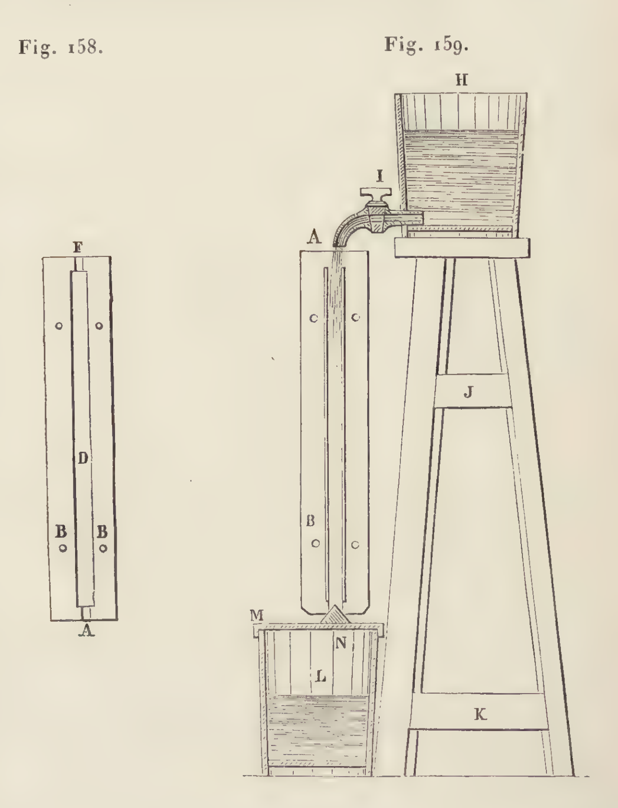
Pour calibrer on fait une housse sur une forme appropriée recouverte d'un linge, puis on retourne la housse dans un moule et l'on calibre.

Le coulage a l'avantage de donner d'un seul coup la capsule et le bec. Le bec est rajouté et collé dans les autres procédés.

La capsule ronde est la plus facile à obtenir et à enfourner. On place sur un rondeau une petite capsule que l'on recouvre d'une autre capsule de dimensions supérieures et l'on continue.

La capsule à fond aplati n'a pas au feu la même résistance à l'affaissement qu'une calotte sphérique, aussi tend-elle à s'aplatir dans le four. On obvie à ce résultat en donnant à la capsule un fond de profil elliptique. L'affaissement ramène une partie de l'arc d'ellipse à une ligne suffisamment droite. Les capsules à fond absolument plat cuisent sur leur fond.

Fig. 158. Fig. 159.



Le creuset de porcelaine s'obtient par les mêmes procédés : tournage, coulage, calibrage. Quand on le tourne on emploie souvent le paston, car un creuset ne nécessite qu'une quantité minime de pâte. C'est aux dépens d'une grosse masse centrée,

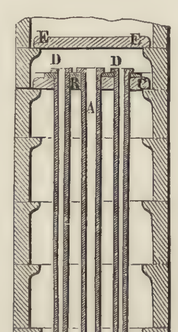
une fois pour toutes, sur la girelle, qu'il est façonné. Quand il est terminé, on le sépare, au moyen d'un fil, de la masse à laquelle il adhère.

Le tube de porcelaine de belle qualité est coulé. Le moule se compose d'un cylindre creux B en deux parties ; il est représenté figure 158.

Pour effectuer le coulage (*fig.* 159) on place le moule verticalement, bouché par un tampon N. En ouvrant le robinet I de la cuve H, remplie de barbotine, on fait couler du liquide dans le moule. On attend quelques instants; de la pâte s'attache aux parois. Au bout du temps voulu, il suffit de lever le moule. L'orifice se débouche et la barbotine en excès tombe dans le seau L. Pour avoir un tube très régulier on retournera le moule et l'on fera un deuxième coulage qui corrigera les défauts résultant de l'épaisseur inégale du premier : l'ascension lente du liquide ayant déterminé une épaisseur plus forte en bas qu'en haut.

On coule ordinairement le tube surmonté d'un rebord. Cette pièce additionnelle servira pendant la cuisson à maintenir le tube. On enfilera le tube dans une ouverture suffisamment large

Fig. 160.

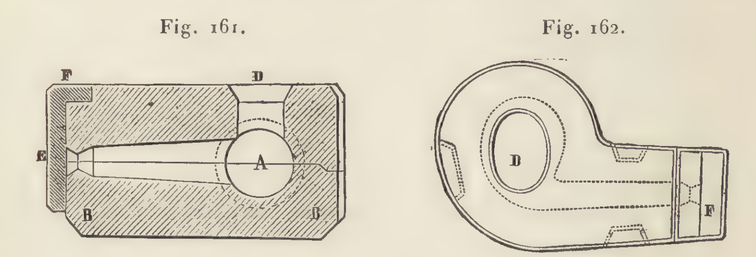


pour le laisser passer tout en retenant la partie supérieure (*voir* la figure 160). Pendant la cuisson, au moment de la formation de la porcelaine, si le tube n'est pas exactement vertical, ce mode de suspension lui permettra de prendre la direction verticale par son propre poids et de la garder. Il n'y aura donc

aucune déformation si le façonnage a été bien mené. Le moulage est réservé aux tubes bon marché; ces tubes ne sont pas irréprochables. Ils sont cuits en charge, séparés par du sable et recouverts d'un papier enduit de barbotine mêlée de sable et ne donnent pas les résultats obtenus par le premier procédé. Il suffit d'avoir eu à sa disposition un tube de chaque sorte, pendant quelques minutes, pour en apprécier la différence.

Le coulage peut être employé pour le façonnage de beaucoup d'objets au lieu du moulage. La cornue de porcelaine utilisée dans les laboratoires peut se faire par collage de deux moitiés, moulées séparément dans une coquille. On réussit très bien en coulant les deux moitiés. Cela nécessite deux moules formés

Fig. 161. Fig. 162.

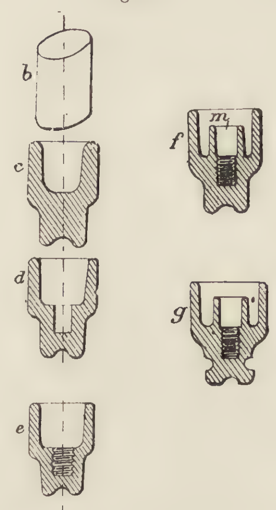


d'une coquille B surmontée d'une fausse coquille qui complète la cornue. Cette fausse coquille n'a pour but que maintenir le niveau de la barbotine; elle n'est pas absorbante, aussi la fait-on en métal ou en plâtre verni. L'ouverture D sert à l'introduction du liquide.

Porcelaine électrique. — La fabrication du matériel électrique présente quelques particularités intéressantes. Elle a recours, pour faire l'isolateur, au tournage et au pressage combinés. Sur le tour on fait une petite housse *b* que l'on introduit dans un moule de plâtre ou de métal, et que l'on presse. L'appareil dont on se sert est formé d'une tige verticale, servant de support à une pièce métallique devant déterminer la cavité, et pouvant être entraînée de haut en bas par un levier. On ne donne pas ainsi la forme définitive, mais l'isolateur a l'aspect de *c*. Les isolateurs qui sont scellés sur un support par le moyen d'un gar-

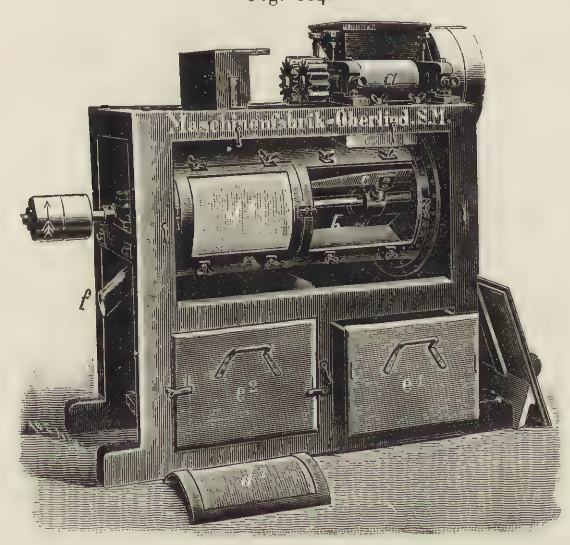
nissage ont la forme *d*; la cavité nécessaire pour le recevoir est

Fig. 163.



ménagée dans la tête de l'isolateur et s'obtient en faisant des-

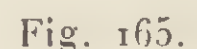
Fig. 164.

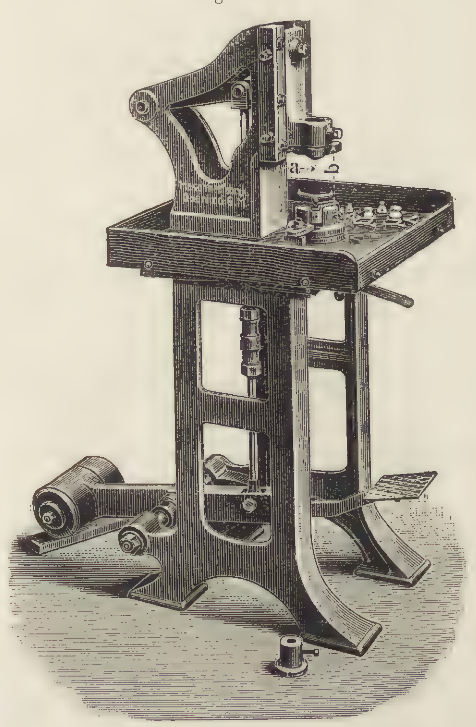


cendre un calibre approprié. Dans d'autres modèles, on ménage

dans la tête un pas de vis qui reçoit directement un support à pas de vis. L'isolateur est muni alors d'un petit collet *m* qui fait suite au pas de vis et vient enserrer la tige de fer.

Ce collet se tourne, se colle avec de la barbotine sur l'isolateur dans l'état *d*. On finit l'isolateur en tournant une rainure dans la partie supérieure. Cette rainure reçoit le fil attachant le conducteur à l'isolateur. Sur la figure on a représenté les aspects successifs de l'isolateur. Ce dernier est naturellement retourné puisqu'il est figuré en cours de fabrication.


Fig. 165.

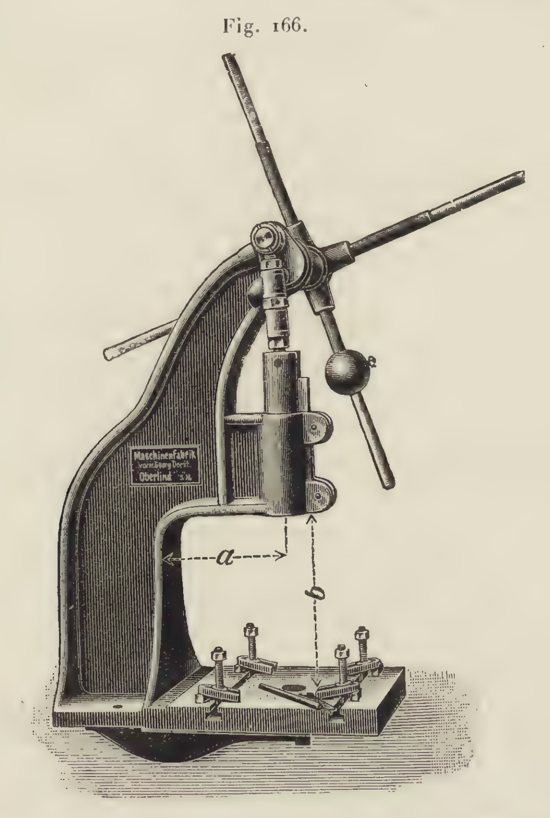


On a essayé de mouler la porcelaine comme la faïence, en pressant la masse très peu humide. Les essais ont eu des fortunes diverses; récemment cependant de nouvelles tentatives ont été faites et il semble que ce procédé, une fois bien étudié, pourra rendre des services.

On applique le procédé actuellement au façonnage de la porcelaine destinée aux usages électriques. Nous allons donner quelques détails sur cette fabrication encore peu connue.

La pâte séchée est pulvérisée dans un broyeur (*fig.* 164). Il comprend une paire de cylindres *a*, placés au-dessous de la trémie qui reçoit la pâte et d'un moulin rotatif. Les cylindres écrasent la pâte qui tombe en poudre dans un cylindre creux *b* à l'intérieur duquel tourne un axe, garni de lames de métal.

Fig. 166.



Les cylindres ne tournent qu'à 80 tours à la minute, mais l'axe du cylindre tourne à 800 tours. La poudre formée traverse des tamis *d* disposés sur les parois du cylindre et vient tomber dans deux tiroirs placés au bas de la caisse qui renferme l'appareil pulvérisateur.

La poudre n'est pas employée seule, elle est humectée avec un mélange d'huile et d'eau : 0,2 à 0,3 d'huile végétale (navets), 1,0 à 1,5 d'huile de pétrole (Solaröl) et 2 à 3 d'eau. A 100 parties de pâte on ajoute de 12 à 17 parties de cette mixture. Il n'y a pas d'avantage à rendre la masse trop grasse, au contraire.

On passe la poudre humide dans un tamis de 14 à 16 mailles sur une longueur de 25mm; ce travail se fait à la main. La pâte est prête pour la pressée que l'on fait dans des presses à choc.

L'appareil que nous représentons (*fig.* 165) est une presse de ce type. Par le moyen de la pédale on vient frapper brutalement la pâte avec la partie a. Dans l'autre appareil (*fig.* 166), le choc est donné d'une manière différente. La rotation d'un axe sur lequel est monté un excentrique fait monter et descendre une tige qui, au bas de sa course, vient frapper, par l'intermédiaire d'une pièce appropriée, dans la forme contenant la pâte sèche.

Ce mode de façonnage n'est pas uniquement employé pour la fabrication de la porcelaine électrique. Il sert pour obtenir d'autres pièces de petites dimensions (dés, services d'enfants). Les pièces pressées sont portées au séchoir (40°-50°) puis dégourdies (¹).

Les pâtes utilisées dans ce genre de fabrication n'ont pas besoin de la blancheur absolue des pâtes destinées à la confection de belles pièces de service, aussi peut-on quelquefois introduire dans la masse des matériaux de second choix. Voici des exemples de ces pâtes (²) :

Pâtes.

	I.	II.
Kaolin de Zettlitz	40	»
Argile réfractaire cuisant blanc	»	20
Kaolin de Bohême	»	30
Feldspath de Suède	25	»
Feldspath ordinaire	»	10
Sable quartzeux	25	»
Sable fusible (micacé) de Hohenbocka	»	40
Tesson	5	»

(¹) Je dois ces renseignements à l'obligeance de M. Georg Dorst, constructeur d'appareils, à Oberlind-Sonneberg (Saxe-Meiningen).

(²) *Sprechsaal,* 1903, p. 1558 et 1677.

Couvertes.

	I.	II.
Sable quartzeux	25	»
Sable de Hohenbocka calciné	»	32,50
Feldspath de Norvège de belle qualité	»	25
Feldspath de Suède	30	»
Craie	30	8,25
Kaolin simplement lavé	»	10
Kaolin de Meissen	5	»
Kaolin anglais	10	»
Tesson	»	24,25

Il est difficile de se prononcer sur la valeur de la porcelaine comme isolant. D'après les électriciens, la couverte seule aurait un effet utile, la composition de la pâte serait accessoire, cette dernière étant un mauvais isolant. Alors, si cela est, pourquoi faire des isolateurs en porcelaine? Le grès rendrait les mêmes services. La question n'est pas absolument résolue.

M. S. Watts a fait des recherches [1] sur la composition à donner à la porcelaine devant constituer le matériel isolant. Ses conclusions indiquent que la porcelaine peut être cuite entre la montre 6 et la montre 12, et que sa composition chimique est susceptible de variations entre

$$\left.\begin{matrix} 0,5\,K^2O \\ 0,5\,CaO \end{matrix}\right\} 0,8\,Al^2O^3.4,2\,SiO^2$$

et

$$\left.\begin{matrix} 0,8\,K^2O \\ 0,2\,CaO \end{matrix}\right\} Al^2O^3.6,2\,SiO^2$$

sans inconvénients.

§ 6. — Influence de la température de cuisson sur les qualités de la porcelaine obtenue.

Comme le coefficient de dilatation des pâtes vitrifiables décroît quand la température s'élève, il y a lieu de faire quelques observations intéressantes en ce qui concerne la porcelaine.

---

[1] *Transactions of the American Ceramic Society*, t. IV, 1902, p. 86; *La Céramique*, 1903, p. 3 et 19; *Sprechsaal*, 1903, p. 519 et 557.

La pâte nouvelle de Sèvres, pâte peu alumineuse, cuite normalement, a toutes les propriétés des porcelaines orientales, grâce à sa forte dilatabilité. Quand on la cuit à la température de cuisson de la pâte dure (aux environs de 1400°) elle perd ces propriétés, son coefficient de dilatation diminue et devient identique à celui de l'ancienne pâte dure à 65 pour 100 de kaolin.

De ceci on peut déduire l'influence considérable de la température de cuisson. Les propriétés d'une porcelaine dépendent peut-être plus de sa cuisson que de sa composition chimique (dans certaines limites au moins).

Des essais faits à Sèvres [1] ont permis de tirer des conclusions intéressantes.

Les deux pâtes employées à Sèvres ont des compositions répondant aux formules

$$\text{Pâte dure :}\quad 8,31\,SiO^2,\ 2,63\,Al^2O^3 \left\{ \begin{array}{l} 0,668\,CaO, \\ 0,131\,K^2O, \\ 0,201\,Na^2O. \end{array} \right.$$

$$\text{Pâte nouvelle :}\quad 14\,SiO^2,\ 2,72\,Al^2O^3 \left\{ \begin{array}{l} 0,192\,CaO, \\ 0,321\,K^2O, \\ 0,480\,Na^2O. \end{array} \right.$$

Ces pâtes diffèrent surtout par leur teneur en silice. L'on est en droit de se demander si l'addition de 5,7 SiO^2 à la moins siliceuse ne lui donnerait pas les qualités de la seconde. Des expériences faites dans ce sens ont montré que l'addition de silice à la pâte dure, en quantité voulue, donnait une pâte se comportant comme la pâte nouvelle, lorsqu'on la cuisait à la température nécessaire pour cuire cette dernière, et une pâte, ayant les propriétés de la pâte dure, quand on la passait au four de pâte dure.

---

(1) VOGT, *Bericht der internationalen Kongress für angewandte Chemie*, Berlin 1903, et *Revue générale de Chimie pure et appliquée*, 1904, p. 272.

II. — PORCELAINE TENDRE.

§ 1. — Porcelaine tendre anglaise.

Les potiers anglais n'ont pas tenté de suivre les efforts des premiers porcelainiers, installés sur le continent. L'apparition de la porcelaine dure ne suscita pas chez eux le même désir de s'en approprier les procédés de fabrication et de les exploiter. Seule la manufacture de Chelsea fit de la porcelaine dure, mais ses travaux ne durèrent que peu de temps. Créée en 1768 cette usine abandonna sa fabrication quelques années plus tard.

On a donné comme raison à cet abandon de la porcelaine que les matières premières que fournissait l'Angleterre étaient de qualité inférieure à celles que l'on trouvait sur le continent. Certains kaolins d'origine anglaise sont pourtant assez plastiques et assez purs pour entrer dans la composition d'une pâte à porcelaine dure. Quoi qu'il en soit, l'industrie céramique a créé, dans la Grande-Bretagne, un type de porcelaine spécial dont elle a su tirer parti.

De tous les produits céramiques la porcelaine phosphatique est la moins connue sur le continent alors qu'en Angleterre on ne connaît pour ainsi dire aucune autre porcelaine. Les potiers du Royaume-Uni ont l'habitude de cette fabrication et il ne leur est pas venu à l'idée de mettre à profit les matériaux du pays pour obtenir de la porcelaine dure. La possibilité de faire une porcelaine dont la transparence serait amenée par un autre fondant que les os brûlés et dont la couverte ne serait pas plombeuse n'a pas attiré leur attention sur la porcelaine dure. Cette prédilection des Anglais pour la porcelaine tendre phosphatique n'est pas sans fondement. La translucidité que l'on obtient en première cuisson à une température plus élevée que le feu d'émail et l'avantage de pouvoir glacer la couverte sans courir le risque d'amener la pâte à une température voisine du ramol-

(1) *Sprechsaal*, 1902, n° 1, p. 5.

lissement sont deux qualités qui ont été bien utilisées. La glaçure plombeuse, notablement plus fusible que celle de la porcelaine dure, donne la latitude d'obtenir dans le décor des résultats que ne permet pas d'avoir cette dernière matière.

La porcelaine tendre anglaise ou porcelaine phosphatique a une pâte vitrifiée comme la porcelaine; elle est translucide et blanche. Ses propriétés sont bien celles d'une porcelaine. Sa couverte est une glaçure de faïence fine; elle est à base d'oxyde de plomb, associé à des oxydes alcalins et alcalino-terreux et combiné à l'acide borique et à l'acide silicique.

La couverte de porcelaine tendre phosphatique cuit en effet à la montre 1 de Seger au plus; ce n'est que rarement même que l'on élève aussi haut la température. Dans ces conditions la décoration sous couverte présente des ressources très étendues. La pâte a l'inconvénient d'être chère. Le moment où le ramollissement dû à la vitrification se produit est, comme dans toutes les pâtes calcaires, fort voisin du point de fusion, de sorte que la cuisson devient très délicate. La matière est plutôt destinée à la fabrication de pièces fines qu'à la fabrication d'une poterie d'usage.

Les pâtes dont nous donnons la composition cuisent en biscuit à une température comprise entre les fusions des montres de Seger 6 et 10.

La pâte est faite au moyen de kaolin plastique, de cornishstone et d'os calcinés. Parfois on a ajouté du silex dans la pâte, d'autres fois le kaolin n'a pas été employé seul, on lui a adjoint de l'argile plastique. Cette dernière doit être choisie de telle manière qu'elle n'apporte pas de coloration à la pâte.

La porcelaine tendre phosphatique met à contribution les éléments de la faïence fine; elle est le dernier terme de cette série de produits anglais : faïence fine, grès fins, porcelaine tendre.

On augmente les fondants dans les grès pour arriver à la vitrification et dans ce produit on a recours à une autre matière, le phosphate de chaux, pour amener la translucidité. Ces différentes poteries ont des points communs dans leur fabrication, elles peuvent presque être cuites dans le même four.

Jusqu'ici c'est aux os que l'on s'est adressé pour avoir du phosphate de chaux. On calcine des os de ruminants, qui sont les plus estimés d'après Lambert [1], dans des fours coulants comme ceux qui servent à la calcination du silex. Le mieux est de les protéger du contact du combustible. La combustion du charbon est faible quand on prend les os encore garnis de leur graisse.

La calcination des os ne s'effectue pas à une température très élevée, il suffit de brûler la matière organique. L'os brûlé doit être friable et se briser dans la main; sa couleur doit être parfaitement blanche. On broie ces os avec très peu d'eau, de manière à obtenir une barbotine très épaisse. Comme la matière est peu dure, le broyage est rapide. La barbotine renferme normalement 30 onces à la pinte, soit $1^{kg},495$ au litre.

Voici quelques exemples [2] de pâtes à porcelaine phosphatique :

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Kaolin	35	35	20	8	32	7
Argile plastique réfractaire cuisant blanc	»	4	»	18	5	20
Cornish-stone	23	8	40	40	23	40
Cendre d'os	40	50	40	29	34	28
Silex	2	3	»	5	6	5

	7.	8.	9.	10.	11.
Kaolin	25	32	20	30,30	28
Argile plastique	»	»	»	»	4
Cornish-stone	31,25	17,3	26,5	»	28
Feldspath	»	»	»	24,24	»
Os calcinés	43,75	47,7	47	42,43	33
Fritte	»	»	»	»	7
Silex	»	3	6,5	3,03	»

La fritte de la pâte 11 est obtenue avec :

Sable siliceux	100
Carbonate de potasse	8

[1] *Fabrication des faïences fines en Angleterre*, p. 284.

[2] *Sprechsaal*, 1902, p. 5.

Si l'on cherche à établir des pâtes de ce genre avec autre chose que des matériaux anglais, il est bon d'observer les remarques suivantes. Le kaolin ne peut être remplacé, sans inconvénient, que par des kaolins peu sableux; par exemple, les kaolins allemands de Zettlitz ou de Hirschau donneraient de bons résultats.

Le cornish-stone ne correspond pas aux roches du continent; à sa place on prendra un mélange de 50 parties de feldspath de Suède, 25 parties de quartz et 25 parties d'un kaolin non quartzeux. Le mélange, sans être identique, comme composition, avec le cornish-stone, convient parfaitement pour l'usage. Les os doivent être de bonne qualité; les os de chiens et de bœufs sont à préférer aux os de porcs. Il faut en outre employer ces matières à un grand état de division.

Des pâtes très fines peuvent se préparer en suivant les compositions :

	12.	13.	14.	15.
Kaolin	20	30	45	30
Cendre d'os	60	40	10	35
Feldspath	20	30	20	20
Cornish-stone	»	»	45	15

Ces dernières compositions donnent une belle pâte, mais d'un autre côté elles fournissent une masse courte et fragile, dont le travail présente de grandes difficultés. Non seulement dans le tournage, mais même dans le coulage, la pâte se présente comme délicate à travailler en manifestant une tendance à la déformation. Le cru est rempli de sable pur ou mieux encore de silex calciné et posé sur des supports pour la cuisson. En suivant ces précautions il devient possible de cuire des formes légères. Une autre observation est encore à faire : la pâte subissant un retrait assez fort, il faut laisser à cette pâte la possibilité de ce retrait. Ainsi des tasses minces, cuites pleines de sable, donnent moins de rebut si l'on a ménagé au centre du sable une cavité que si l'on a omis cette précaution.

Les couvertes de ces pâtes sont faites avec une fritte comme les couvertes de faïence fine.

Après cuisson le biscuit est encore un peu poreux (il peut

absorber de 2 à 5 pour 100 d'eau), mais cette porosité est trop faible pour permettre l'émaillage sans recourir à un adjuvant.

Les glaçures se préparent :

Frittes.

	1.	2.	3.	4.
Cornish-stone......	6	24	»	»
Nitre..............	2	»	»	»
Borax..............	12	53	100	71,25
Silex..............	4	40	»	77
Potasse perlée......	2	»	»	»
Feldspath..........	»	32	75	11,75
Craie fine..........	»	16	60	47,5
Kaolin.............	»	»	»	42,5

Glaçures.

	1.	2.	3.	4 [1].
Fritte.............	24	90	200	348
Cornish-stone......	15,5	30	2	»
Silex..............	6,5	2	3,5	71
Céruse............	31	30	»	117
Kaolin............	»	»	16	22
Feldspath.........	»	»	»	42

Frittes.

	7 et 9.	8.	9 et 10.
Borax................	68	150	121
Cornish-stone.........	56	90	81
Silex................	45	115	66
Craie................	45	48	66
Kaolin...............	34	19	51

Glaçures.

	7 et 9.	8.	9 et 10.
Fritte................	265	314	270
Cornish-stone.........	53	157	50
Céruse...............	79	118	50
Silex................	52	34	50

[1] Le n° 4 est la plus dure de ces glaçures, elle cuit un peu au-dessus de la montre 1 de Seger.

C'est une fabrication délicate pour ainsi dire localisée en Angleterre. Sur le continent on en fait à Sarreguemines (Lorraine) et Vaudrevanges (Wallerfangen) dans la Prusse Rhénane, près Sarrelouis.

§ 2. — Parian.

On désigne sous ce nom un biscuit à grain fin de teinte jaunâtre. La pâte qui sert à la fabrication du parian est très feldspathique; quelquefois on l'attendrit avec une fritte potassique :

	1.	2.	3.	4.
Kaolin	60	37,5	33	36
Argile	10	»	»	»
Feldspath	30	62,5	45	40
Cornish-stone	»	»	22	»
Fritte	»	»	»	24

La fritte de la pâte 4 est faite avec :

Sable siliceux	80
Feldspath	35
Cornish-stone	15
Carbonate de potasse	12

On cuit le mélange au four à biscuit.

Le parian a une composition assez variable. Salvetat [1] signale des pâtes différentes de celles que nous indiquons; les unes renfermant du phosphate de chaux, les autres de la baryte. On voit que pour donner à la masse sa vitrification on a recours à divers corps fusibles.

Le parian est employé pour faire des statuettes. Son aspect rappelle le marbre dont il n'a pas la blancheur. Son façonnage est difficile, car il est peu plastique; il se coule facilement en revanche.

---

(1) *Technnologie céramique,* p. 391.

§ 3. — Porcelaine tendre française.

La porcelaine tendre française appartient à l'histoire. Sa fabrication, qui fut peu étendue au moment de sa splendeur, est abandonnée presque complètement. La Manufacture de Sèvres avait exposé en 1900 des pièces intéressantes; M. Nodot, de son côté, montrait un certain nombre d'objets. On peut considérer ces deux producteurs comme les seuls qui se soient, de nos jours, encore intéressés à la porcelaine tendre française.

Les défauts inhérents à la fabrication de cette poterie ont amené de bonne heure l'abandon de sa préparation. Les frères Chicoineau établirent une fabrique, probablement la première, à Saint-Cloud en 1727. En 1740, Vincennes, prédécesseur de Sèvres, entreprend la fabrication et la Manufacture nationale la continue jusqu'en 1804.

L'exploitation fut donc de courte durée. Quelques usines continuèrent encore de s'occuper de porcelaine tendre, mais leur nombre diminua et l'on peut dire que pendant le dernier tiers du XIXe siècle on ne faisait plus de porcelaine tendre. Seule l'Exposition universelle a provoqué le réveil de cette poterie.

A l'époque où la fabrication était développée, les connaissances chimiques se trouvaient fort restreintes. Aussi tout ce qui a rapport à la porcelaine tendre est-il très difficile à reconstituer. Les indications sont incomplètes et rédigées avec les idées du temps, ce qui rend la lecture difficile.

Quels étaient les procédés employés par les divers fabricants qui se sont occupés de la porcelaine tendre? Nous ne les connaissons plus. Les seuls documents connus sont relatifs à la fabrication de Sèvres [1]. Voici ce qu'ils nous permettent de voir.

La pâte comprenait une fritte additionnée de matière plas-

---

[1] Les documents sont manuscrits et sont dus à Hellot. Le registre de Hellot contient *toutes les recettes et procédés pour composer la pâte dont on fait le biscuit; la couverte qui le vernit et la rend porcelaine; les couleurs servant à peindre cette porcelaine; la dorure qui l'enrichit.* 1753.

tique et de craie. Ici c'est une marne qui joue le rôle d'élément plastique.

La fritte était faite avec :

Nitre fondu	220
Sel marin gris	72
Alun	36
Soude d'Alicante	36
Gypse de Montmartre	36
Sable de Fontainebleau	600
	1000

On frittait le mélange sous le four où se cuisait le biscuit; on a opéré aussi dans un four particulier. Il fallait d'abord calciner l'alun et le gypse avant de les mélanger aux autres matières, car le départ de leur eau de cristallisation aurait provoqué des projections du mélange.

Cette fritte était broyée et lavée. On formait la pâte avec :

Fritte	75
Craie blanche	17
Marne calcaire d'Argenteuil	8
	100

Cette marne était lavée et délayée avant d'être incorporée dans la pâte.

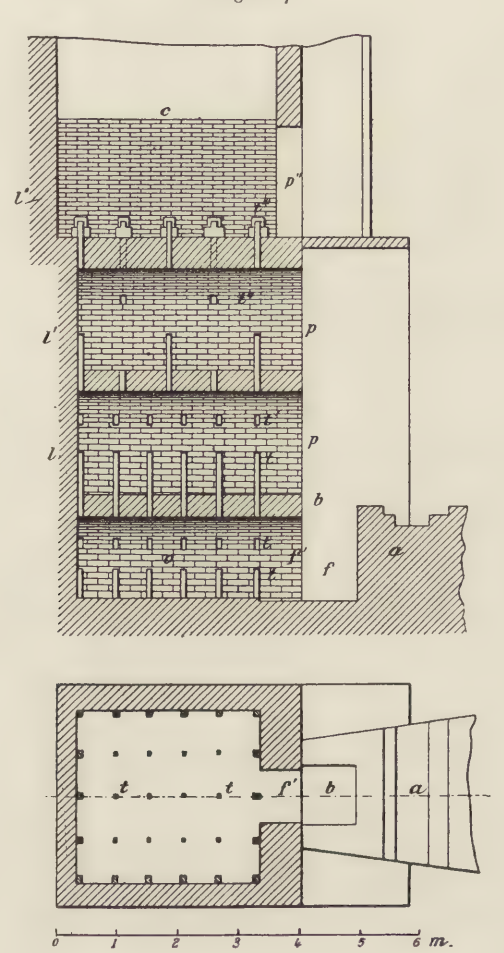
Ce dernier mélange, broyé au moulin et tamisé, ne formait pas avec l'eau une pâte facile à travailler. On ne pouvait la façonner à l'ébauche, aussi devait-on mouler les pièces grossièrement, puis les finir au tour; encore fallait-il ajouter une préparation agglutinante pour donner de la ténacité à la pâte.

La composition agglutinante fut d'abord un mélange de savon noir et de colle de parchemin, nommé *chimie;* ensuite le savon noir fut remplacé par la gomme adragante.

Ce façonnage difficile n'était pas la seule cause de non réussite, la cuisson en biscuit était suivie du retrait de la pâte et ce travail de la matière obligeait à employer des supports pour toutes les parties saillantes, supports combinés de manière à

guider le retrait pendant toute sa durée. Ainsi une assiette se cuisait retournée sur un support en épousant les formes. Il fallait que les rondeaux qui supportaient les pièces fussent de la

Fig. 167.



même pâte. On empêchait l'adhérence avec du sable. Le retrait atteignait $\frac{1}{7}$.

La cuisson s'effectuait dans un four (*fig.* 167) en demi-cylindre couché à foyer latéral; la bouche *b* de ce foyer fait

alandier. Il y avait deux laboratoires l et l'. C'est dans le laboratoire inférieur que se cuisait le biscuit. L'enfournement ne présentait rien de particulier. Les gazettes étaient faites en marne argileuse et vernissées quand elles devaient contenir des pièces émaillées. Les montres consistaient en petites tasses que l'on tirait par une visière pratiquée dans la porte p.

Nous avons représenté ce four, qui n'est plus qu'une curiosité, parce que peu d'Ouvrages le reproduisent ([1]). C'est un four de faïencier, en quelque sorte, augmenté d'une chambre. La flamme traverse le foyer f, l'arrière-foyer f', puis la voûte v et, de là, gagne le premier laboratoire l, le second l', et la chambre des cheminées c en passant par les carneaux t, t', t''.

La cuisson en biscuit durait, à Sèvres, de 75 à 100 heures.

La glaçure était composée de :

Litharge	38
Sable de Fontainebleau	27
Silex calciné	11
Carbonate de potasse	15
Carbonate de soude	9
	100

L'émaillage se faisait par arrosement. On cuisait sans support les pièces mises en couverte. La durée du feu d'émail était d'une trentaine d'heures à une température moins élevée que celle du feu de biscuit.

On a suivi des procédés analogues dans les autres fabriques de porcelaine tendre sur lesquels on a conservé quelques renseignements.

Saint-Amand-les-Eaux, près de Valenciennes, possédait une fabrique en 1815; elle conserva son activité pendant un demi-siècle environ. La fritte de Saint-Amand était plus simple que

([1]) Brongniart, qui a décrit dans son *Traité des Arts céramiques* des appareils certainement d'intérêt secondaire, n'a pas reproduit ce four. Nous en avons emprunté la description à un article écrit par Brongniart pour le *Dictionnaire technologique* de Thomine, t. XVII, 1830, p. 46-337 et Atlas, t. I, p. 62.

celle de Sèvres. Elle contenait :

Soude d'Alicante	2
Sable gris	7

La pâte renfermait :

Fritte	100
Craie	9
Marne	9 à 12

La glaçure différait un peu de celle de Sèvres, elle renfermait du borax :

Sable quartzeux	16
Minium	28
Borax	4
Nitre	1

Un peu d'oxyde de cobalt était ajouté pour corriger sa teinte jaune.

Arras et Tournai, où deux fabriques furent installées également, devaient employer des pâtes et glaçures analogues.

La pâte, tout comme celle de Sèvres, manquait de plasticité. On employait le moulage pour le façonnage de toutes les pièces creuses et à courbure. On humectait la pâte destinée au moulage avec de l'urine, indispensable, d'après le fabricant, pour donner un peu de plasticité.

On cuisait dans un four à deux étages.

Ce four était cylindrique, à trois alandiers disposés sur son pourtour; il ressemblait donc dans ses grandes lignes au four à porcelaine ordinaire. Il en différait par l'addition de petits alandiers au premier étage. On cuisait dans ce four le biscuit et le vernis. La cuisson du premier durait 15 à 16 heures; celle du second 11 à 12 heures. En voyant ces chiffres, on est en droit de se demander pourquoi la cuisson de Sèvres avait une durée si longue.

La porcelaine tendre française a toujours présenté une fabrication pénible et difficile; le rendement était médiocre. Hellot

dit qu'à son arrivée à Vincennes les fournées ne rendaient ordinairement que le quart ou le tiers des pièces entières et sans accidents. Son seul avantage était une couverte plombeuse excellente pour la décoration.

Une fois abandonnée, la porcelaine tendre fut regrettée. Divers essais furent suivis de mécomptes et ce n'est qu'après plusieurs séries de recherches, successivement recommencées et abandonnées, qu'on a rétabli une fabrication. On a pu voir à l'Exposition de 1900 le bon parti que l'on a su tirer de cette porcelaine, en lui épargnant le décor suranné qui a fait sa renommée.

Il a fallu, pour établir à nouveau cette fabrication, tout reprendre dès le début, car les renseignements étaient souvent des plus incomplets ([1]). Pâte, couverte, couleurs, tout a dû être remanié.

Les publications les plus récentes sur la question sont dues à MM. Lauth et Dutailly ([2]). Elles aboutissent à employer comme fritte le verre de Stas. Une pâte formée de :

Sable de Fontainebleau	49,02
Verre de Stas	27,45
Craie	16,66
Terre de Dreux	6,86

s'est laissée bien travailler. La couverte contenait :

Sable	36,98
Minium	38,44
Carbonate de soude	8,76
Salpêtre	15,82

Les procédés, utilisés pour la fabrication des pièces exposées en 1900, n'ont pas été publiés officiellement. Ils sont la suite des essais auxquels nous venons de faire allusion.

([1]) Comme exemple, on trouve dans la formule du bleu de roy : pulvérisez trois parties d'aigue marine en pain acheté chez le sieur Moniac, marchand, rue Quincampoix.

([2]) *Génie civil*, 1884.

En résumé, la porcelaine tendre française ne sera probablement plus qu'une curiosité céramique et rien de plus. Coûteuse et délicate à préparer, la pâte exigera toujours des ménagements pendant toute la durée de la fabrication. Elle ne se prête qu'à l'obtention de pièces de moyenne dimension.

§ 3. — Observations sur les porcelaines a fritte.

Dans une Communication faite au Congrès de Chimie appliquée, tenu à Berlin en 1904, le Dr Heinecke [1] a fait connaître les résultats d'expériences exécutées à la Manufacture royale de porcelaine de Charlottenbourg. Des tentatives faites pour composer des pâtes avec le carbonate de chaux comme seul fondant ne donnèrent aucun résultat satisfaisant; on essaya alors des silicates non alumineux à base de chaux et d'alcalis comme fondants. Ces derniers étaient fondus au grand feu d'un four à porcelaine et se présentaient sous forme de verre plus ou moins clair. Un silicate du type K^2O, CaO, $6SiO^2$ ne donna pas de bons résultats, par suite de son altérabilité au contact de l'eau. On n'arriva à des verres capables de supporter convenablement le broyage à l'eau qu'en ajoutant de l'alumine à la masse. Parmi ces verres, les suivants se comportèrent comme les plus utilisables :

$$K^2O,\ 2CaO,\ Al^2O^3,\ 18SiO^2 \quad \text{et} \quad K^2O,\ 3CaO,\ Al^2O^3,\ 24SiO^2;$$

ils servirent à composer des pâtes :

$$R^2O,\ 2,4\,Al^2O^3,\ 16\,SiO^2,$$
$$R^2O,\ \ 3\,Al^2O^3,\ 18\,SiO^2,$$
$$R^2O,\ \ 3\,Al^2O^3,\ 21\,SiO^2.$$

Ces pâtes, obtenues par addition au fondant de matière plastique, sous forme de kaolin de Zettlitz, sont suffisamment plastiques pour le travail.

---

(1) *Bericht der V. internationalen Kongress für angewandte Chemie*, 1903, p. 730, et *Revue générale de Chimie pure et appliquée*, 1904, p. 270.

La pâte I, cuite à la montre de Seger 8, donne une porcelaine transparente, s'appropriant très bien au décor sous couverte tel que le pratiquent les faïenciers.

Les pâtes II et III supportent, sur pâte cuite aux montres 9 et 10, des glaçures plombo-alumineuses cuites à la fusion de l'argent, sans tressaillure. Elles sont capables de recevoir une décoration entre deux glaçures, l'une de grand feu, l'autre de moufle. Ces pâtes supportent des coups de feu.

Une dernière pâte $R^2O, 2 Al^2O^3, 24 SiO^2$ fut faite avec du kaolin de Zettlitz comme élément plastique (30 pour 100) et un verre. La pâte était courte mais travaillable, elle avait l'avantage sur les autres pâtes à porcelaine de supporter des glaçures non alumineuses, boraciques et alcalines en couche épaisse. Ces glaçures, comparées aux glaçures plombeuses employées dans la technique de la faïence, sont d'un grand éclat. Cuite à la montre 12, cette porcelaine est très transparente. Au grand feu d'un four à porcelaine, elle fond en un émail blanc; ceci s'explique en considérant la nature spéciale de sa pâte, constituée par un verre très acide et peu alumineux, produit de transition entre le verre et la Céramique.

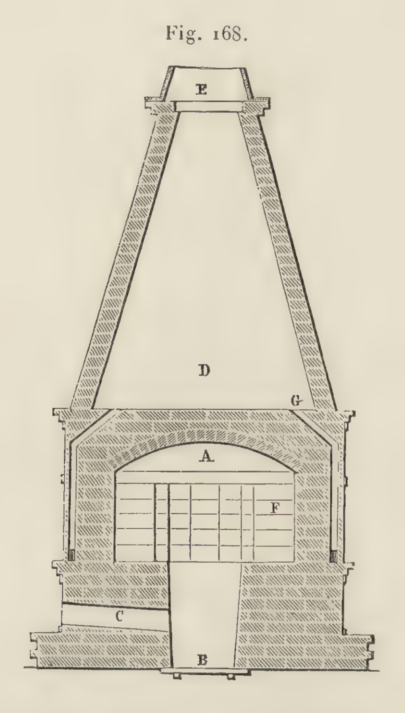
§ 4. — Boutons.

La pâte qui sert à faire les boutons n'a pas toujours la même composition. En Angleterre, M. Prosser, qui créa presque ce genre d'industrie en ce pays, employa un mélange formé d'éléments fusibles tels que le phosphate de chaux et le feldspath. On ajoutait un corps gras pour lier la masse. Le mélange était d'abord réduit en poudre, puis aggloméré et moulé à l'aide de petites machines à balancier. Les boutons façonnés étaient posés sur des rondeaux, puis placés dans un four où l'on cuisait de la porcelaine tendre phosphatique.

M. Bapterosses a perfectionné notablement la méthode indiquée précédemment. La pâte est composée, soit d'un mélange de feldspath et phosphate de chaux comme précédemment, soit de feldspath pur. Cette dernière composition était moins utilisée que la première. Pour donner du liant à la masse on lui incor-

pore un peu de lait. La presse, au lieu de mouler les boutons un à un comme dans le procédé primitif, en moule 500 d'un coup. Les boutons au sortir de la presse sont rangés sur une feuille de papier et placés sur un rondeau. Pour les cuire, on se sert de moufles disposés dans un four spécial. (Nous donnons cet appareil comme exemple, n'étant pas à même d'affirmer s'il est encore en usage, toute cette fabrication n'ayant pas fait l'objet de publications récentes.) Le foyer B est central comme

Fig. 168.



dans certains fours de verrerie; un nombre déterminé d'arches se partagent l'espace à l'entour du foyer et chacune d'elles reçoit six à sept moufles superposés. La flamme monte du foyer jusqu'à la voûte et redescend ensuite dans chacune des arches F. Elle circule autour des moufles et sort à la partie inférieure de l'arche dans des carneaux G qui l'envoient dans une cheminée centrale. Suivant que les fours de ce type sont ronds ou rectangulaires, ils renferment soixante ou vingt-huit

moufles. Chacun d'eux reçoit une plaque de terre de dimensions convenables. Une fois cette dernière rouge, on applique à la surface la feuille de papier chargée de boutons. Le papier brûle et les boutons se trouvent débarrassés de leur support. On pose le tout dans le moufle et on laisse séjourner 10 minutes, temps suffisant pour la cuisson. Au bout de 10 minutes, on enlève la plaque et d'un coup de rable on la débarrasse des boutons qui la recouvraient. La plaque est alors prête pour un nouveau chargement ([1]).

([1]) SALVÉTAT, *Technologie céramique*, p. 396.

CHAPITRE XV.

DÉCORATION.

I. — GÉNÉRALITÉS.

Jusqu'ici nous n'avons considéré dans l'étude de la Céramique que la fabrication au sens le plus étroit du mot. Nous avons borné nos descriptions à la préparation de la poterie sous sa forme la plus simple. Les agréments que l'on peut donner aux produits céramiques ne sont pas limités à l'élégance de la forme ; au moyen de colorants il est loisible d'orner les surfaces de compositions ornementales et de donner à la matière un aspect agréable qui en augmentera la valeur.

Les colorants s'emploient de différentes manières et les procédés actuels sont suffisamment variés pour offrir de nombreuses ressources au décorateur.

Une fois les colorants obtenus on peut en tirer parti de diverses manières.

On fait d'ordinaire deux divisions dans les procédés de décoration :

1° le décor de grand feu, qui s'effectue à la température où l'on cuit la poterie ;

2° le décor de petit feu, qui demande une cuisson spéciale à une température moins élevée que la première.

§ 1. — Décor au grand feu.

Couvertes et glaçures colorées. — Les couvertes et les glaçures sont capables de dissoudre certains corps en prenant une coloration. Cette addition du corps colorant doit être faite de

telle manière qu'elle laisse à la couverte sa transparence. Les glaçures colorées sont des sortes de verres colorés dans leur masse.

Quand on les pose sur des surfaces planes elles donnent l'impression d'une plage uniformément colorée. Appliquées sur des surfaces gravées, elles s'accumulent dans les creux en donnant des effets analogues à ceux des ombres.

L'addition de l'oxyde colorant à la glaçure amène des perturbations dans ses propriétés physiques. La fusibilité, la dilatabilité sont susceptibles d'être modifiées; il est donc nécessaire d'accorder la couverte avec la pâte à ces deux points de vue. La glaçure doit cuire en même temps que la pâte et s'y maintenir sans tressaillures.

En dehors de la glaçure colorée monochrome, on peut obtenir des couvertes dans lesquelles les réactions chimiques produites à haute température ont déterminé des colorations variées. C'est à ce genre qu'appartiennent les flammés. Dans les couvertes flammées la flamme a produit des réductions plus ou moins intenses; ces divers degrés de réduction se traduisent par des différences de couleurs. Les transitions de teinte ne se font pas brutalement, de sorte que les couvertes ont toujours un ensemble harmonieux, quoique les teintes soient souvent fort différentes. Il y a, dans le passage d'une teinte à une autre, les fondus nécessaires pour que l'œil puisse supporter ces changements de coloration sans être heurté.

Les couvertes cristallisées, que nous avons déjà citées, sont des couvertes dont l'attrait consiste également dans les réactions dont elles sont le siège.

Les couvertes colorées se traitent de différentes manières; on les pose comme les couvertes : sur cru, sur dégourdi ou biscuit, sur émail, suivant les cas.

Pâtes colorées. — Si l'on additionne une pâte d'un colorant en quantité suffisante, la pâte après cuisson sera colorée. La teinte communiquée par le corps introduit sera d'autant plus intense que le colorant sera en plus grande quantité. Dans une pâte vitreuse les colorations se développent particulièrement;

aussi pour colorer une pâte peu vitrifiée y a-t-il intérêt à introduire le colorant à l'état de fritte.

La pâte se grave en donnant des reliefs qui se détachent sur le fond du vase.

Couleurs sous glaçure, sous couverte, sous émail. — Les pâtes colorées ne se prêtent pas au dessin; elles se posent en épaisseur, et c'est dans la couche de pâte ainsi ajoutée que l'on grave. S'il s'agit de représenter un sujet par un simple dessin ou de poser une teinte, il faut recourir à des compositions plus maniables qui constituent les couleurs sous glaçure. Ce sont des compositions colorées que l'on applique sur la pâte et que l'on émaille ensuite. La coloration prend un bel éclat sous la couche de glaçure.

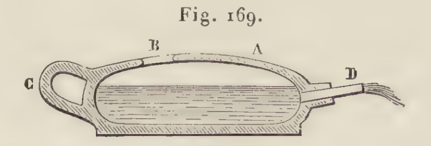
Les couleurs sous glaçure ne peuvent remplir le but proposé que si elles laissent la glaçure s'étendre bien régulièrement sans se détacher ni se dissoudre. Il faut aussi que, pendant l'application de la couverte, elles ne manquent pas d'adhérence.

Engobage. — L'engobage, auquel nous avons fait allusion plusieurs fois, consiste à recouvrir une pâte d'une matière terreuse blanche ou colorée.

Cette nouvelle couche de matière change l'aspect de la pâte, car son opacité fait disparaître complètement la couleur de la pâte placée dessous. On pose la glaçure sur l'engobe, de sorte que l'on a la sensation d'une pâte, de la couleur de l'engobe, recouverte d'une glaçure.

Le plus souvent on applique les engobes sur le cru. Les en-

Fig. 169.



gobes sont broyées, délayées dans l'eau à l'état de bouillie claire. L'engobe se pose alors comme une couverte. On laisse la pièce, si elle est en cru, se raffermir suffisamment pour supporter le bain d'engobage. Comme généralement l'engobage ne se fait

pas sur toute la pièce, on n'a pas à effectuer cette manœuvre. On arrose la partie à engober ou on insuffle. C'est par ce procédé que l'on fait les ornements des faïences de Thoune.

L'engobe peut être découpée, une fois sèche, de manière à former des dessins dont la pâte primitive fait le fond. Pour faire le dessin par engobage on verse l'engobe au moyen d'un vase dont l'orifice est formé par un bout de paille. L'appareil que l'on utilise est représenté figure 169. Les engobes s'appliquent surtout aux faïences communes et aux poteries vernissées.

§ 2. — Décor au petit feu.

Les colorants capables de résister au grand feu sont en nombre restreint; au contraire, si l'on examine les corps, supportant sans altération une température ne dépassant pas la fusion de l'or, on trouve suffisamment de composés pour former une palette variée.

L'emploi des couleurs est plus varié; il permet alors d'enrichir les surfaces de composition décorative de tonalités diverses. L'application des couleurs nécessite des précautions. Si l'on veut la poser sur une poterie, garnie de sa couverte, la couleur doit être additionnée d'un fondant. Le fondant est une compotion vitreuse fusible dont le rôle est de déterminer l'adhérence de la couleur avec la poterie. Pour cuire ces couleurs on opère en moufles, d'où le nom de *couleurs de moufle* donné à ces couleurs.

Ordinairement on cuit en moufles au-dessus de 800°; Brongniart a indiqué exceptionnellement des couleurs un peu plus dures cuisant vers 1000° : ce sont les couleurs de grand feu de moufles.

A côté des couleurs, il faut citer encore des préparations qui ont recours au moufle pour effectuer leur cuisson : telles sont la dorure et les lustres.

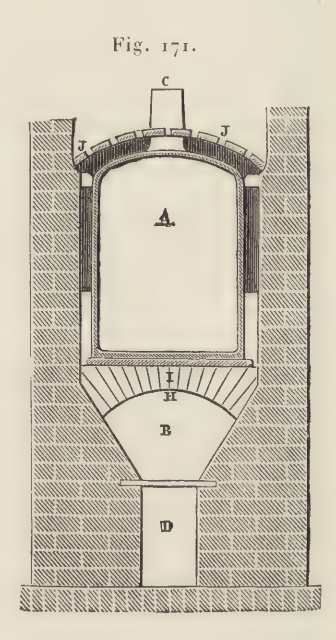
Moufles. — Les moufles ordinaires sont des boîtes rectangulaires façonnées en terre réfractaire. Leur partie supérieure est ordinairement voûtée; quant à la partie antérieure, elle est

ouverte afin de permettre l'introduction des matières à cuire.

Les moufles sont faits en terre réfractaire de bonne qualité; tous les soins nécessaires sont apportés à la fabrication des moufles, car ils doivent fournir un usage prolongé sans accidents ni ruptures. Nous avons déjà parlé de ces appareils page 225.

Fig. 170.

Fig. 171.



Autrefois on faisait les moufles au colombin, parfois aussi on s'aidait de moules. Pour les grands moufles l'aide de moules est indispensable. Maintenant on a perfectionné beaucoup la construction des moufles et on les construit souvent avec des briquettes spéciales. On avait constaté depuis longtemps la difficulté que présentait la conservation en bon état de moufles de très grandes dimensions, aussi construisait-on les parois de grands moufles employés à Sèvres avec des plaques carrées de 30^{cm} à 40^{cm} de côté. On ménageait des feuillures et des rainures pour faire l'assemblage et l'on assurait le joint avec du mortier réfractaire. Parmi les nombreux constructeurs qui ont cherché à améliorer la confection des moufles, il faut citer M. Pollard.

Les moufles sont entièrement construits en petites briquettes qui s'emboîtent les unes dans les autres.

Le moufle doit être entouré de flammes, aussi on le dispose au-dessus d'un foyer, de telle sorte que les gaz puissent passer tout autour. A cet effet, il est entouré d'une muraille en briques sur trois de ses côtés. L'ouverture du moufle est laissée dégagée. Une fois l'emmouflage terminé, on fermera le moufle avec des briques, puis on placera une seconde rangée de briques qui bouchera l'ouverture ménagée dans le mur. Le moufle sera alors enfermé entre quatre murs verticaux; les flammes monteront entre les murs et les parois du moufle, puis se rendront dans la cheminée.

Une bonne disposition à adopter pour les moufles consiste à ne pas mettre sur la même face de la maçonnerie la porte du moufle et la porte du foyer. (La figure montre un appareil dans lequel ces prescriptions n'ont pas été suivies.) On évite ainsi, surtout quand on cuit au charbon, de risquer de salir les pièces par des poussières ou des cendres de combustible.

L'emmouflement demande à être serré. Il y a intérêt à mettre le plus de pièces possible dans un moufle, d'abord par économie, et ensuite pour éviter une répartition inégale de la chaleur. Les parties peu chargées s'échauffent plus vite que les régions où les pièces sont serrées. La chaleur doit se répartir également. Il faut tenir compte aussi de la circulation des gaz chauds, des vapeurs d'essence. On fait des étages, supportés par des pillets si cela est nécessaire, mais on doit se garder de faire des cloisons transversales trop étanches, cloisons qui empêchent le mouvement des gaz et la régularisation de la température. Dans l'industrie on se sert de plaques de tôle pour supporter les objets dans le moufle.

L'intérieur du moufle ne doit pas recevoir de fumée du foyer. On lute soigneusement les briques de la porte et toutes les fissures. Un moufle qui n'est pas étanche, dans la partie en contact avec les flammes, donne de mauvais résultats.

Au sommet du moufle on a laissé une ouverture, munie d'une douille. Cet orifice permet l'évacuation des produits volatils et la dilatation de l'air.

La porte du moufle est munie également d'une douille, formant visière, et par laquelle on peut voir l'intérieur du moufle.

Les moufles sont chauffés au bois pour les décors soignés ou qui redoutent les inconvénients déjà signalés à propos du charbon (soufre). Le charbon est plus économique et est employé toutes les fois qu'on le peut. Les fumées de houille sont néfastes pour les couleurs céramiques et les émaux.

On a appliqué aux moufles le principe de la continuité. L'idée n'est pas nouvelle, puisque à la manufacture de Vincennes, Gérin avait installé un moufle de ce système. Le moufle continu était déjà connu en 1751; en effet, Hélot en fait mention dans son manuscrit. On en abandonna l'emploi par suite de la difficulté de produire assez de marchandises pour alimenter continuellemeut un semblable appareil. Il fallait laisser accumuler les produits pour en avoir une quantité suffisante pour fournir une cuisson de plusieurs jours, ce qui provoquait des retards considérables. L'appareil était d'un débit disproportionné à la production de la manufacture.

L'idée a été reprise depuis sous diverses formes avec de nombreux perfectionnements.

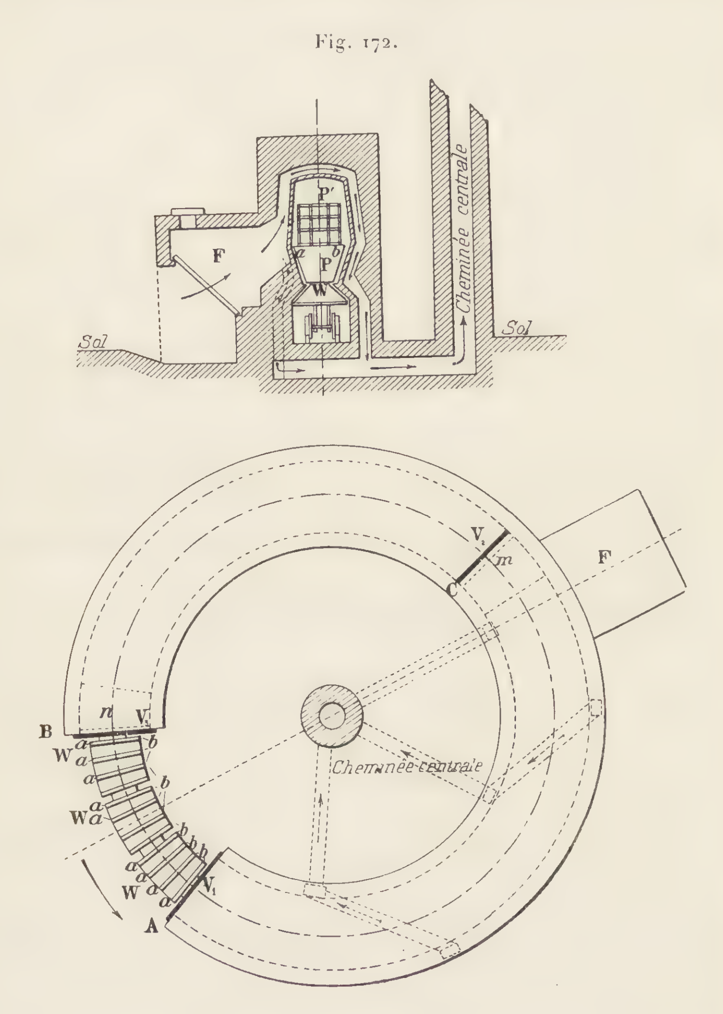
Le moufle dit *rectangulaire* (Fürbringer) est celui qui a le plus de rapports avec le moufle de Gérin. Il est formé de deux tunnels parallèles A et B que relie un troisième tunnel C perpendiculaire venant s'adapter à l'une de leurs extrémités. L'entrée des produits se fait en A et la sortie en B. Le foyer se trouve au milieu du tunnel transversal. C'est un foyer gazogène alimenté à la houille. Le foyer proprement dit ne brûle complètement ses produits que plus loin, autour du tunnel où circulent les flammes; les gaz marchent en sens inverse des traîneaux.

Les produits à cuire sont placés dans des traîneaux de fer glissant sur des rails; leur mouvement est produit par des crochets de fer reliés à des crics que l'on manœuvre de l'extérieur. Les traîneaux sont obligés, par la disposition même de l'appareil, de subir trois tractions différentes par suite des retours à angle droit.

Le moufle circulaire (Hetzel) se compose (*fig.* 172) d'un tunnel en fer à cheval au milieu duquel se trouve un foyer F

disposé comme le précédent. La flamme entoure le tunnel puis se rend dans une cheminée. Les traîneaux ou wagonnets rentrent en A et sortent en C, en glissant sur des rails; ils sont

Fig. 172.



reliés par des chaînes et forment un train que l'on fait avancer à l'aide d'un treuil. Les vannes placées après le foyer et à la porte d'entrée empêchent les pertes de chaleur dans la partie en refroidissement et à l'extérieur de l'appareil.

L'espace resté libre entre les deux extrémités du fer à cheval occupe la longueur de trois wagonnets.

Pour la manœuvre du moufle, les opérations sont plus simples que dans l'appareil précédent, qui exigeait les manœuvres successives : sortie d'un wagonnet de B, entrée d'un wagonnet du tunnel C dans B par avancement du train dans C de la longueur d'un wagonnet, entrée d'un wagonnet de A dans C par avancement du train et, enfin, introduction d'un wagonnet nouvellement chargé par A.

Le moufle circulaire se manie avec plus de facilité : on lève les deux vannes, puis on fait avancer le train d'un wagonnet et l'on referme les vannes. Le wagonnet cuit se trouve isolé du foyer par la vanne 2 et entre dans la région de refroidissement du four, pendant qu'un wagonnet déjà chaud vient prendre la place devenue libre. Un wagonnet est sorti en B, tandis qu'un autre est entré en A.

Un panier séjourne 10 minutes dans la partie chaude, de sorte que toutes les 10 minutes l'on entre et l'on sort un panier. Le débit de l'appareil est donc considérable eu égard aux modestes dimensions de l'instrument.

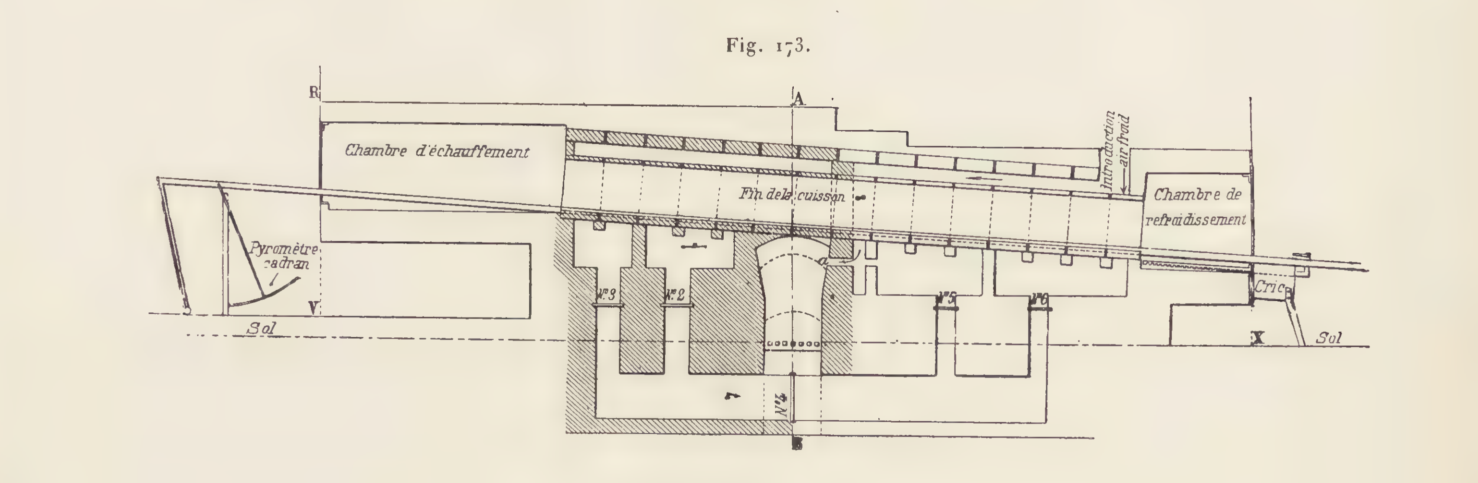
Il est difficile d'obtenir une température absolument uniforme dans toute la section du tunnel chauffé. Dans la partie supérieure, la température est plus élevée que dans la partie inférieure, on devra donc tenir compte de cette observation dans le placement des produits.

M. Geith a pensé à donner au tunnel une forme plus simple, il l'a construit droit avec une certaine pente pour aider à la manœuvre des paniers.

Nous ne représenterons pas le modèle original du constructeur, mais l'appareil modifié par M. Marc Larchevêque. Ce dispositif étant le plus simple de tous, nous entrerons dans quelques détails.

Le moufle se compose d'un tunnel rectiligne, légèrement incliné, sur la sole duquel sont placés les deux rails destinés à recevoir le train. Un cric placé en bas du tunnel sert à faire avancer la file de paniers. A l'avant et à l'arrière du tunnel se trouve une chambre pouvant renfermer trois paniers placés côte à côte.

Fig. 173.

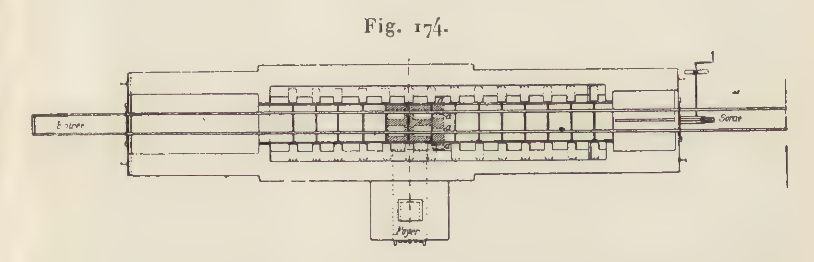


A
R
Chambre d'échauffement
Fin de la cuisson
Introduction air froid
Chambre de refroidissement
Pyromètre cadran
V
Sol
Nº 3
Nº 2
a
Nº 4
Cric
X
Sol
B

L'échauffement préalable et le refroidissement définitif ont lieu dans ces deux chambres; leur adjonction au tunnel permet de réduire la longueur de celui-ci. Une ouverture fermée par une vanne correspond à chaque panier et sert à son introduction.

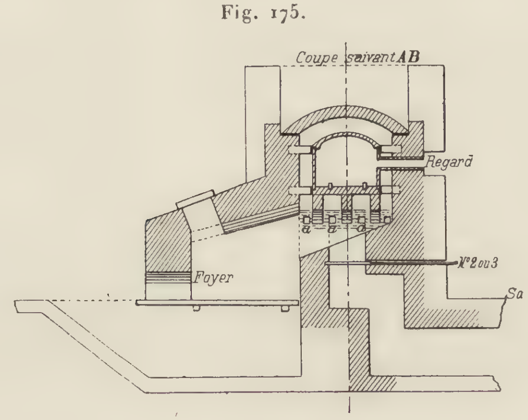
Les gaz du foyer, placé au milieu de l'appareil, viennent

Fig. 174.



déboucher sous le tunnel, puis suivent les parois latérales. Une murette en briques sépare le tunnel en deux parties : région d'échauffement, région de refroidissement. La combustion de la flamme autour du tunnel est aidée par de l'air qui entre en *i* et vient déboucher dans le foyer après avoir circulé autour du tunnel de manière à le refroidir. Deux carneaux supplémentaires

Fig. 175.



donnent la latitude d'aspirer de l'air froid et de l'envoyer dans la cheminée directement; le refroidissement est rendu plus énergique par cette ventilation auxiliaire.

Le modèle de Geith oblige à des manœuvres plus compliquées

que l'appareil circulaire de Hetzel; il faut retirer un panier à l'arrivée, déplacer un panier latéralement, faire avancer le train d'une longueur de panier, puis engager un panier dans le tunnel, amener un des paniers posés de côté devant l'entrée du tunnel et introduire un dernier panier.

Ces opérations sont accompagnées de l'ouverture et de la fermeture des vannes correspondantes.

M. Marc Larchevêque a allongé les chambres extrêmes de manière que la chambre de réchauffement puisse renfermer trois paniers en longueur et la chambre de refroidissement deux paniers en longueur également. Les rails sont prolongés à l'entrée de l'appareil d'une longueur suffisante pour recevoir deux paniers qui sont tout prêts à être accrochés au train. Ainsi construit, le moufle-tunnel n'a plus besoin que de deux valves, une à l'entrée et une à la sortie; on les manœuvre à l'aide d'un contrepoids.

En 12 heures ce moufle peut recevoir au moins 45 paniers. Ces paniers représentent la contenance de deux moufles et demi de dimensions ordinaires : $0^{m^3},750$; on cuit plus rapidement et plus économiquement.

Les moufles continus, outre leurs avantages économiques, offrent de sérieux avantages au point de vue du résultat. Les couleurs sont cuites rapidement et sortent plus belles; la cuisson lente dans les moufles ordinaires amène des dévitrifications provenant du maintien prolongé des couleurs à une température relativement haute.

La chauffe la plus élevée dans un moufle de ce genre ne dure pas plus de 20 minutes au maximum, dans le cas de couleurs dures.

Si l'on a soin de composer ses paniers de produits identiques comme décor, on peut cuire des couleurs tendres et des couleurs dures; il suffit de proportionner la durée de la cuisson à la fusibilité.

Au point de vue commercial, ces appareils sont très précieux, car ils permettent le réassortiment rapide des pièces brisées, sans obliger à attendre aussi longtemps qu'avec les moufles intermittents.

Un autre système de moufles continus a été organisé sur le même principe que les fours à chambre. Les moufles sont chauffés au gazogène. Les gaz chauds provenant du chauffage d'un moufle viennent échauffer le moufle voisin, pendant que de l'air échauffé par passage sur un moufle en refroidissement vient alimenter la combustion. M. Mendheim, entre autres contructeurs, a combiné des batteries de cet ordre.

§ 3. — Colorants.

Nous avons indiqué la manière dont on préparait les composés utilisés pour la confection des couleurs, mais nous devons faire remarquer que dans la plupart des cas on ne les utilise pas seuls. Pour obtenir les tons désirés, il faut non seulement obtenir des composés chimiquement purs et définis, mais aussi les amener à un certain état physique. La température de production des colorants a une grosse influence pour certains d'entre eux; ainsi l'oxyde de fer possède une gamme de tons variables avec les températures auxquelles il a été soumis. La division de la matière doit être telle que le mélange s'effectue convenablement avec les matières accessoires auxquelles on doit l'incorporer. La teinte ne peut pas présenter d'uniformité si elle est formée de gros grains. Aussi, dans l'état actuel de la question, la préparation des colorants exige-t-elle la connaissance d'un certain nombre de tours de mains impossibles à prévoir théoriquement, et que la pratique fait découvrir. En thèse générale, le mélange d'un colorant est toujours difficile; aussi, quand par un artifice on peut arriver à obtenir le mélange pendant la préparation, faut-il toujours recourir à ce moyen. Supposons, par exemple, que nous désirions mélanger deux oxydes. Préparés isolément et triturés ensemble, ils ne donneront que lentement un mélange parfait. Si l'on prend les deux métaux sous forme de sels solubles, décomposables par la chaleur, il est facile de préparer un mélange intime en évaporant les deux solutions réunies et en chauffant fortement le résidu de l'évaporation.

Dans bien des cas on combine la préparation du colorant

lui-même et de la masse colorante. Cette manière d'opérer est toujours préférable à des mélanges successifs des divers ingrédients. Aussi très souvent l'on introduit les oxydes à l'état de sels décomposables par la chaleur. L'oxyde colorant se trouve imprégner la masse, sans qu'il soit nécessaire de procéder à de nombreux broyages.

Les colorants utilisés en Céramique sont presque tous pris à l'état d'oxyde, pourtant quelques-uns d'entre eux sont nettement des combinaisons, tels sont : l'antimoniate de plomb, l'aluminate de cobalt. Leur nombre est fatalement restreint, parce que ces corps sont tenus de répondre à plusieurs conditions. Ces composés ont d'abord à supporter une température élevée sans altération. Ajoutons à cela que les glaçures et fondants doivent être sans action sur ces corps et ne pas détruire leur coloration.

Les métaux lourds et les métaux nobles seuls peuvent satisfaire à ces exigences et fournir les composés désirés, puisque seuls ils donnent naissance à des combinaisons colorées.

Voici quelles sont les couleurs que fournissent les principaux colorants utilisés en Céramique :

Bleus. — Le cobalt donne des bleus. L'oxyde de cobalt seul n'est pas un colorant par lui-même; il est noirâtre, comme on le sait, et ne peut fournir de coloration qu'en se dissolvant dans un flux vitreux ou en se combinant à un corps capable de fournir avec lui un composé coloré. La plupart de ses sels sont détruits et ramenés à l'état d'oxydes à haute température, de sorte que l'emploi de sels tels que le carbonate, l'azotate revient à celui de l'oxyde de cobalt. Il ne faut pas appliquer cette conclusion à des sels à acides fixes. Le phosphate de cobalt et le chromate de ce métal ne rentrent pas dans la désignation précédente. Le phosphate donne du bleu; il n'en est pas de même du chromate qui est utilisé, parfois, comme colorant spécial. Le chromate de cobalt vire au vert [1].

---

[1] Il est probable qu'à une température voisine de la fusion de l'argent, le chromate de cobalt est déjà détruit et que le colorant n'est plus qu'un mélange intime de sesquioxyde de chrome et d'oxyde de cobalt.

En présence de quelques oxydes jouant le rôle d'anhydrides, l'oxyde de cobalt donne naissance à des sels intéressants au point de vue de la coloration. La couleur est toujours bleue, mais sa tonalité peut être modifiée. L'aluminate de cobalt, entre autres composés, est d'un bleu vif agréable, moins foncé que le bleu obtenu par dissolution de l'oxyde dans une couverte. L'oxyde de zinc joue le même rôle que l'alumine et peut fournir un sel de cobalt dont la coloration est utilisée.

Jaunes. — Le plomb à l'état d'antimoniate donne des jaunes, il peut aussi servir comme colorant sous forme de chromate de plomb. Ces corps ont l'inconvénient de ne pas supporter une température très élevée. L'urane est précieux pour la décoration en feu oxydant; ses colorations résistent au grand feu de porcelaine dure.

L'antimoniate de plomb est modifié par la présence de l'oxyde de zinc; sa teinte peut être foncée par l'addition d'oxyde de fer.

Le chromate de plomb servira pour les jaunes orangés.

L'urane ne donne pas de teinte jaune quand il est seul. Ses oxydes n'ont pas cette couleur. L'oxyde uraneux est noir, l'oxyde uranique est chamois et l'uranate d'uranium est vert. Ce sont les combinaisons de l'uranium, à l'état d'uranates, qui sont douées de la couleur jaune. Le seul cas où la coloration soit due à l'oxyde d'uranium est quand on cuit en réducteur. Les uranates sont alors détruits et l'oxyde passe à l'état d'oxyde uraneux.

Certains jaunes peu francs renferment du cuivre; leur nature est mal connue. Les jaunes donnés par le titane sont roux. Le jaune de titane est du titanate de fer très probablement.

Rouges. — Le peroxyde de fer ne donne pas du rouge vif, il tire toujours plus ou moins sur le brun. L'oxyde de fer ne peut pas supporter une haute température.

Le cuivre se dissout dans les couvertes et se précipite à l'état ténu en donnant un rouge très apprécié. Cette production de cuivre métallique divisé s'obtient en chauffant convenablement, en feu réducteur, certaines couvertes cuprifères.

L'or produit des pourpres, des roses et des carmins. Les pourpres sont à base de laques, préparées comme le pourpre de Cassius à base d'étain, d'antimoine, par exemple. Les roses d'or résistent au grand feu; ils se développent par précipitation de l'or d'une couverte qui les tenait en dissolution.

Le chromate basique de plomb avec un fondant approprié fournit un ton rouge assez vif.

Verts. — L'oxyde de chrome est un bon vert supportant bien le grand feu. En atmosphère oxydante et en présence de bases il a une tendance à jaunir, par suite de la formation de chromates.

L'oxyde de cuivre se dissout dans les glaçures en les colorant en vert.

Le cuivre en fondant plombeux a servi à faire des verts avant la découverte du chrome; il vire au bleu en présence d'alcalis.

Violets. — Un très beau violet s'obtient en ajoutant de l'oxyde de manganèse à un verre plombeux. Les pourpres d'or virent aussi au violet.

Blancs. — L'oxyde d'étain est d'une grande ressource pour les blancs opaques. On a eu recours aussi à d'autres oxydes similaires : anhydride arsénieux, oxyde d'antimoine.

Au grand feu le blanc est donné par la pâte, vue à travers une couverte transparente, et aussi par des engobes.

Noirs. — Le noir le plus simple est un mélange d'oxydes de manganèse, de fer et de cobalt. Bien dosé, il donne des noirs satisfaisants assez résistants.

L'oxyde de nickel ne fournit que des gris plus ou moins noirs.

Le platine a été employé pour faire des gris, l'iridium pour faire des noirs très foncés et le vanadium est la base des noirs de la Manufacture de Copenhague.

Ces trois dernières matières sont d'un usage très restreint.

II. — PROCÉDÉS SPÉCIAUX AUX DIVERSES POTERIES.

§ 1. — Faience.

La faïence vernissée n'a à proprement parler aucune sorte de décor; elle reçoit une couverte colorée simplement pour cacher la vilaine couleur de sa pâte.

La faïence architecturale utilise deux sortes de colorations. Tantôt on applique sur la terre des glaçures colorées transparentes, tantôt on la recouvre de glaçures opaques.

Les glaçures colorées transparentes ne peuvent être appliquées que sur des terres peu colorées, les terres très colorées modifiant la teinte de la glaçure.

Dans les faïences rustiques on a souvent utilisé l'engobage. Les faïences de Thoune, par exemple, sont décorées presque uniquement par engobes colorées.

Sur la faïence émaillée, on a quelquefois ajouté des peintures. Ces dernières sont posées, soit sur émail cru, soit sur émail cuit. Dans le premier cas, elles sont cuites en grand feu; dans le second, elles subissent une cuisson supplémentaire (feu de réverbère).

C'est à la faïence fine que l'on donne le décor le plus soigné. Ses nombreux usages en ont fait une poterie très répandue, aussi a-t-on cherché à lui permettre de soutenir le mieux possible la concurrence que lui fait la porcelaine. Actuellement les services même très bon marché ont un décor. L'usage de faïence blanche se restreint de plus en plus, il se perd dans les villes, car le bas prix, auquel on peut se procurer les ustensiles de première nécessité agrémentés d'ornements, fait abandonner l'emploi de vaisselle blanche.

Dans l'industrie on décore rapidement et économiquement. La faïence fine est presque toujours décorée en sous-couverte. Une fois le biscuit obtenu, on applique les couleurs à sa surface, on passe en couverte et l'on cuit. Le procédé adopté est très avantageux au point de vue de l'effet, aussi est-il général pour

les pièces de service. La faïence fine reçoit aussi des couvertes et pâtes colorées. Le décor en couleurs de moufles lui convient parfaitement. Pour le carrelage on fait usage souvent des émaux alcalins.

§ 2. — Grès.

Le grès n'est pas une poterie ayant autant de droit à un décor soigné que la faïence et la porcelaine. Il sert surtout à former de la grosse vaisselle; sa place dans la maison est à la cuisine. En Angleterre et en Allemagne on fait beaucoup de grès décorés en couleurs. Les grès anglais sont sobres de tons, ce sont ordinairement des grès fins à pâte colorée, sur lesquels on a appliqué des reliefs en pâte blanche le plus souvent. Les grès allemands ont une palette plus variée comportant plusieurs couleurs. Ce dernier décor se fait en moufles. Dans le Beauvaisis on a fait aussi des grès salés avec un décor coloré bleu. C'est le bleu de cobalt qui est la base de la coloration. La glaçure est fournie par le salage.

Le grès architectural demande à être traité largement. Il s'accommode bien de couvertes colorées; ces dernières peuvent être plus ou moins brillantes, les couvertes mates ont été très appréciées.

§ 3. — Porcelaine.

La porcelaine se prête à tous les genres de décorations.

Dans l'industrie porcelainière on a recours au décor en feu de moufles. Les couvertes colorées, les pâtes d'application, les couleurs sous couvertes sont réservées aux pièces de choix.

Un mouvement a cherché à se dessiner pour la substitution d'un décor plus céramique et plus beau d'aspect à l'application des couleurs de moufles. Ce dernier moyen ne donne pas le bel éclat des couleurs sous couvertes, il laisse toujours la partie recouverte de couleurs moins glacée que la couverte. L'emploi des couleurs sous couvertes est encore très restreint par suite des difficultés d'application du procédé et du petit nombre de couleurs dont on dispose.

III. — COMPOSITIONS UTILISÉES DANS LA DÉCORATION (COUVERTES ET PATES COLORÉES, COULEURS SOUS COUVERTES, ÉMAUX, COULEURS VITRIFIABLES, DORURE ET LUSTRES).

§ 1. — Couvertes colorées.

Elles s'obtiennent en introduisant dans la couverte quelques centièmes d'un colorant. Les colorants sont mélangés à la couverte. Il faut employer des matières très divisées et faire le mélange avec beaucoup de soin si l'on veut obtenir une bonne répartition dans la masse du colorant.

Les couvertes colorées sont ensuite délayées dans l'eau pour l'application; en moyenne, on prend parties égales de couverte et d'eau pour former le bain d'émail. Nous rappelons que, pour émailler sur cru ou sur dégourdi, la présence d'un élément plastique est nécessaire, mais en petites quantités. Dans le cas particulier où l'on émaille sur cuit, l'élément plastique est inutile.

A. — Couvertes de porcelaine dure de Sèvres.

Voici deux exemples :

Couverte bleue, dite bleu de Sèvres.

Couverte	20
Oxyde de cobalt	80

Couverte écaille.

Sable	37,69
Kaolin	35,38
Oxyde de manganèse	21,54
Oxyde de fer	5,39

On fritte le tout très fortement. On broie la masse et on la chauffe une deuxième fois.

Cette formule est meilleure que celle indiquée par Brongniart. Cette dernière avait recours à des matériaux incertains. La

formule que nous donnons a l'avantage de n'employer que des matières connues (Lauth et Dutailly). L'écaille réchauffée en moufle prend de l'éclat.

Ces deux couvertes se posent sur porcelaine cuite au putois.

B. — Couvertes de porcelaine nouvelle de Sèvres.

Les couvertes de la *porcelaine nouvelle* de Sèvres dérivent toutes de la couverte incolore précédemment indiquée :

Feldspath	42,1
Sable quartzeux	27,2
Kaolin	13,0
Craie	17,7

Pour avoir une couverte colorée, on introduit des colorants qui viennent se substituer à la chaux de la couverte. Comme exemple, voici quelques couvertes [1] :

Bleue.

Oxyde de cobalt	3,0
Feldspath	42,1
Sable quartzeux	27,2
Kaolin	13,0
Craie	14,1

Jaunes.

1	Oxyde d'urane	5
	Feldspath	42,1
	Sable quartzeux	29,3
	Kaolin	8,5
	Craie	17,7
2	Oxyde de fer	5
	Feldspath	45
	Sable quartzeux	28,5
	Kaolin	11
	Craie	13

---

(1) *La Céramique*, 1901, et Vogt, *Notice sur la fabrication des grès de la Manufacture de Sèvres*, 1900.

Vertes.

1	Oxyde de chrome	1,0
	Feldspath	42,1
	Sable quartzeux	27,2
	Kaolin	13,0
	Craie	12,7
2	Oxyde de cuivre	4
	Feldspath	42,1
	Sable quartzeux	27,2
	Kaolin	13,0
	Craie	12,7

Brun violet.

Oxyde brun de manganèse	5
Feldspath	45
Sable quartzeux	28,5
Kaolin	11
Craie	13

Brun roux.

Carbonate de nickel	3
Feldspath	42,1
Sable quartzeux	27,2
Kaolin	13,0
Craie	15,3

Rose.

Sable	30,5
Tournassures	47
Craie	24
Pinck	7

Le pinck se fait avec :

Oxyde d'étain	100
Craie	34
Bichromate	3

On calcine fortement ce mélange et on le lave.

Céladon bleu.

Sable	30,5
Kaolin	20
Craie	24
Fritte	29,5

La fritte est formée avec :

Pegmatite	30
Oxyde de cuivre	1,5
Oxyde d'étain	2,7
Oxyde de fer	0,3

Céladon gris.

Sable	30,5
Kaolin	20,5
Craie	24
Fritte	38

On fait la fritte avec :

Pegmatite	30
Oxyde de cuivre	4,
Oxyde d'étain	8,2
Oxyde de fer	0,9

Les céladons donnent des teintes pâles très appréciées; leur réussite demande la transformation de l'oxyde de fer en oxyde ferreux. Il faut donc les cuire en atmosphère réductrice pour obtenir le résultat voulu.

Flammés. — On donne ce nom à des couvertes colorées par du cuivre. Leur teinte n'est pas uniforme, elles présentent des variations de couleur dues à l'action plus ou moins réductrice des gaz du foyer.

La couleur est due à du cuivre métallique, très probablement. Les travaux d'Ebell semblent avoir éclairci cette question. Le colorant est du cuivre précipité dissous par la couverte; le phénomène est analogue à celui que donnent les couleurs à base d'or.

Le rouge, dit *rouge* 51 *de Sèvres,* est obtenu avec une couverte contenant :

Pegmatite	40
Sable siliceux	40
Craie	18
Borax	12
Oxyde de cuivre	6
Oxyde d'étain	3

La masse bien mélangée est fondue, puis broyée.

Cette couverte diffère par sa composition des couvertes précédentes. La présence du borax est nécessitée pour deux raisons d'abord ce corps amène de la fusibilité; ensuite, par suite de sa volatilité, il amène le durcissement progressif de la couverte. Ce verre final constitue un protecteur pour le rouge.

Pendant la cuisson, la couverte coule, aussi doit-on poser les pièces sur un support pour permettre de les détacher du rondeau. On terre même le support pour éviter l'adhérence.

Le rouge se produit par la réduction du cuivre, il faut donc maintenir une atmosphère réductrice. Au moment où la couverte est fondue, il y a moins de danger d'oxydation du métal; on peut alors achever la cuisson en laissant entrer plus d'air et terminer en atmosphère oxydante, sans employer pourtant un trop grand excès d'air.

Coulures. — Les couvertes renfermant de l'acide borique produisent des marbrures ou coulures qui viennent apporter une diversion à la nuance uniforme donnée par le colorant. On posera d'abord une couverte colorée, puis on ajoutera une couverte boracique. Voici une composition que l'on peut utiliser :

Pegmatite	40
Sable siliceux	40
Borax fondu	12
Craie	18

On ajoute à la masse des oxydes colorants et l'on fond le tout une deuxième fois. Les oxydes qui ont donné de bons résultats

sont les oxydes de cuivre, de manganèse et de cobalt. On en ajoute 4 pour 100 à la couverte boracique et l'on fond.

Les pièces sont posées dans le four comme les pièces à couvertes flammées, à cause des coulures. On les cuit en oxydant.

C. — Couvertes du grès de Sèvres.

Le grès de Sèvres a été combiné de manière à recevoir les couvertes de la porcelaine nouvelle. Les couvertes suivantes présentent quelques différences : les premières sont des couvertes semi-mates, les suivantes sont des couvertes cristallisées.

Les couvertes peuvent être formées par simple mélange, puis appliquées sur cru, après broyage. Elles cuisent en réducteur.

La couverte incolore renferme :

Pegmatite	30
Kaolin	40
Sable de Nemours	28,5
Craie	20

La couverte obtenue est légèrement opaque.

Bleu gris verdâtre.

Pegmatite	53
Kaolin argileux	14,1
Sable quartzeux	14,0
Craie	25,5
Rutile	12,0
Oxyde de cobalt	1,2

Rouge. — Le rouge est à base de cuivre, sa préparation nécessite une fusion préalable des matériaux :

Pegmatite	108,0
Sable quartzeux	126,0
Oxyde de zinc	15,5
Carbonate de baryum	36,0
Borax fondu	45,0
Carbonate de sodium sec	16,5

Le verre fondu est pulvérisé et coloré avec de l'oxalate de cuivre et de l'oxyde d'étain :

Verre précédent	100
Oxalate de cuivre	2
Oxyde d'étain	1

Jaune ivoire.

Pegmatite	53,0
Kaolin	14,0
Sable quartzeux	14,1
Craie	25,5
Rutile	9,6
Oxyde de fer	2,4

Jaune rougeâtre.

Pegmatite	53,0
Kaolin	14,0
Sable quartzeux	14,1
Craie	25,5
Rutile	9,6
Oxyde de fer	4,8

Violet.

Pegmatite	33,60
Kaolin	12,89
Sable quartzeux	47,00
Craie	15,00
Rutile	6,00
Colcotar	6,00

Brun jaune cristallin.

Pegmatite	33,60
Kaolin	12,89
Sable quartzeux	47,00
Craie	15,00
Rutile	9,60
Oxyde de fer	9,60

Brun doré cristallisé.

Pegmatite	30,85
Kaolin	25,35
Sable quartzeux	36,00
Craie	28,00
Rutile	18,00
Oxyde de cobalt	12,00

Vert foncé cristallisé.

Pegmatite	30,85
Kaolin	25,35
Sable quartzeux	36,00
Craie	28,00
Rutile	18,00
Oxyde de cobalt	12,00

Les couvertes cristallisées nécessitent une fusion préalable des éléments. On prépare les deux mélanges :

	1.	2.
Sable quartzeux	360	350
Carbonate de potasse	138	69
Oxyde de zinc	162	202,5

Le mélange de ces produits dans le rapport :

Fonte 1	85
Fonte 2	15

donne les meilleurs résultats.

On pose la couverte sur *biscuit*. La couverte, étant fusible, coule pendant la cuisson, aussi pose-t-on la pièce sur une bague de terre sableuse.

La présence de l'oxyde de zinc demande d'éviter une atmosphère réductrice.

En ajoutant du rutile on a une couverte jaune; en remplaçant le rutile par de l'acide titanique pur, la couverte devient incolore. Elle dépose dans ce dernier cas des cristaux différents des premiers, obtenus avec le rutile.

On fritte :

3	Sable quartzeux	300
	Carbonate de potasse	138
	Oxyde de zinc	162
	Rutile	82

et l'on prend :

Fonte 2	15
Fonte 3	85

C'est ce mélange qui constitue la couverte.

D. — Glaçures colorées anglaises s'adaptant a la faïence fine.

Bleu.

Silex	10
Céruse	60
Cornish-stone	30

ajouter 6 pour 100 d'oxyde de cobalt.

Bleu vert.

Fritte	530
Cornish-stone	106
Céruse	158
Silex	104

on ajoute à 100 de couverte 30 de colorant.

La fritte contient :

Borax	135
Cornish-stone	112
Silex	90
Craie	90
Kaolin	68

Le colorant renferme :

Céruse	62
Oxyde de cobalt	8
Carbonate de cuivre	30

Brun. — A 100 de la glaçure incolore précédente, on ajoute 50 pour 100 du colorant.

Carbonate de plomb	83
Oxyde de manganèse	17

Jaune. — A la même glaçure ajouter 71 pour 100 du mélange :

Céruse	71
Colorant	29

Le colorant s'obtient avec :

F.	Oxyde d'étain	9
	Oxyde d'antimoine	21
	Minium	27
	Alun	43

Vert. — A la même glaçure ajouter 16,5 pour 100 du colorant :

Céruse	67
Carbonate de cuivre	33

Ces glaçures sont données à titre d'exemples.

§ 2. — Couleurs sous couverte.

Les couleurs sous couverte ne donnent tout leur effet que si la couverte est bien nappée; cette condition exige de la fluidité de cette dernière au moment de la cuisson, tout en respectant la netteté du décor.

Pour qu'une matière puisse servir à former une couleur sous couverte il faut que la matière colorante ne soit ni attaquée par la couverte, ni dissoute par cette dernière.

Les éléments utilisables comme bases de ces couleurs sont peu nombreux; on peut les réduire aux suivants :

Oxyde de cobalt pour les bleus;

Oxyde de nickel pour les bruns;

Oxyde de cuivre pour les verts et les bleus verts;

Oxyde de manganèse pour les bruns et les violets;

Oxyde de fer pour les jaunes et les rouges;

Oxyde d'uranium pour les jaunes;

Oxyde de chrome pour les verts et les rouges;

Métaux nobles (or, platine, oxyde d'iridium) pour les roses, gris et noirs.

Auxquels il faut ajouter des corps sans coloration personnelle, mais apportant par leur présence des modifications aux colorants :

Oxyde d'étain, oxyde de zinc, acide antimonique, alumine, chaux, pour les plus importants.

L'*oxyde de cobalt* est un des colorants les plus employés. L'oxyde de la marque RKO est très satisfaisant; avec des oxydes impurs on n'arrive pas à une aussi belle nuance, les autres éléments modifiant d'une manière désavantageuse la coloration. L'oxyde de cobalt n'est pas exactement le protoxyde CoO, mais bien un oxyde supérieur qui, à haute température, perd de l'oxygène; ce dégagement gazeux est nuisible puisqu'il a à traverser la couverte qu'il déplace. On se sert alors d'aluminate de cobalt, combinaison renfermant du protoxyde, dans laquelle on n'a plus à redouter la décomposition de l'oxyde salin et qui supporte mieux les actions réductrices que l'oxyde seul. L'oxyde pur, de même que l'aluminate, donne des bleus foncés; l'addition d'oxyde de zinc éclaircit le ton et d'autant plus que la masse a été plus énergiquement calcinée. Par l'addition d'autres colorants, on arrive aisément à modifier la tonalité.

L'*oxyde de nickel*, suivant la nature de la couverte et la température, donne des colorations allant du verdâtre au brun. Il sert surtout à nuancer les autres couleurs.

L'*oxyde de cuivre* a des propriétés fâcheuses qui n'en permettent pas l'emploi dans le décor de la porcelaine. A haute température, il s'infiltre dans la masse qu'il peut percer; de plus, il se répand dans la couverte. Son utilisation est rare dans la faïencerie.

L'*oxyde de manganèse* n'offre que peu de ressources à l'état pur. Il présente les mêmes inconvénients que l'oxyde de cobalt, puisqu'on ne peut le prendre qu'à l'état d'oxyde supérieur. Sa combinaison avec l'alumine et le phosphate est préférable à l'oxyde.

L'*oxyde de fer* donne une belle série de tons bruns; seul, il est peu résistant, aussi ne peut-il servir que sous des glaçures très fusibles. Employé avec l'oxyde de chrome, il fournit des colorants très résistants; les tons vont du noir au brun. L'alumine fait virer le brun au brun gris, l'oxyde de zinc au brun rouge; l'addition simultanée d'oxyde de zinc et d'alumine donne des colorants jaune brun. Les tons ne s'établissent bien que par une forte calcination, comme peut la donner un passage préliminaire au four à porcelaine.

L'oxyde de chrome n'a pas moins d'importance que l'oxyde de fer, d'abord pour les tons qu'il peut fournir par lui-même, et ensuite par le parti que l'on peut en tirer en combinaison avec d'autres oxydes. A côté du ton vert qu'il peut fournir directement, il faut citer aussi les roses qu'il donne avec la chaux et l'oxyde d'étain. Suivant les rapports des composants on obtient des roses de tonalité différente.

L'oxyde d'uranium sert de base à certains jaunes qu'il faut protéger des actions réductrices.

L'acide antimonique est également la base de colorants jaunes, à la condition de se trouver en présence d'oxyde de plomb; l'oxyde d'étain donne de la résistance à ces jaunes.

L'acide titanique n'est colorant que grâce à l'oxyde de fer qu'il renferme.

Parmi les métaux nobles l'or permet d'obtenir du rose, le platine du gris, de même que l'oxyde d'iridium.

A. — Couleurs sous couverte d'après Seger.

Seger [1] a établi une palette assez complète de couleurs sous couverte pouvant être utilisée sur faïence et sur porcelaine. Pour les rendre utilisables sur porcelaine on les mêle à de la pâte à porcelaine; Seger indique 33 pour 100. Afin d'adapter ces couleurs au décor de la faïence, il a additionné le colorant de 20 pour 100 d'une glaçure de faïence du type

$$(Na^2O.BaO, 5SiO^2, 1B^2O^3).$$

---

[1] *Seger's Schriften*, p. 518, et *Tonindustrie*, 1888, p. 467.

Cette composition est remplacée par la même quantité d'acide borique hydraté. Cette addition a pour but de rendre plus dense le colorant et de lui donner du fondant; on en fait varier la quantité suivant la nature de la glaçure et de la pâte.

L'expérience a montré que, pour obtenir un colorant résistant à l'action dissolvante de la couverte, le mieux était de se rapprocher autant que possible d'un spinelle, c'est-à-dire d'une combinaison d'un monoxyde avec un sesquioxyde.

Noirs.

Le fer chromé $FeO.Cr^2O^3$ a servi comme colorant noir en faïencerie. On peut lui substituer un colorant composé artificiellement d'un mélange de :

Oxyde de fer	40
Oxyde de chrome	76,2

Il forme un *noir verdâtre*. Les oxydes sont broyés à l'eau dans un moulin à couleurs. On sèche ensuite la masse, on la broie au mortier et on la passe à un fort feu, de préférence au four à porcelaine en réducteur. La calcination est suivie d'un broyage.

Avec une teneur plus élevée en oxyde de fer :

Oxyde de fer	80
Oxyde de chrome	76,2

le noir tourne au *noir brun*.

L'addition d'oxyde de cobalt donne un *bleu noir*

Oxyde de fer	80
Oxyde de chrome	76,2
Oxyde de cobalt	20

On peut leur incorporer $33\frac{1}{3}$ pour 100 de leur masse de pâte sans inconvénient.

Bruns.

On les obtient en mélangeant de l'oxyde de fer et de l'oxyde de chrome avec de l'aluminium et de l'oxyde de zinc :

Brun rouge	Oxyde de fer	80
	Oxyde de chrome	76,2
	Alumine	206
Brun clair	Oxyde de fer	80
	Oxyde de chrome	76,2
	Oxyde de zinc	194,1
Brun rouge clair	Oxyde de fer	80
	Oxyde de chrome	76,2
	Alumine	51,5
	Oxyde de zinc	243
Brun jaune	Oxyde de fer	80
	Oxyde de chrome	76,5
	Alumine	103
	Oxyde de zinc	324

En élevant l'addition d'alumine et d'oxyde de zinc, on modifie à peine la teinte, mais on diminue la stabilité du colorant.

Il est indispensable de bien broyer ces mélanges, puis de leur donner un coup de feu très vif :

Brun foncé	Oxyde de manganèse	79,5
	Oxyde de chrome	76,2

Le colorant suivant n'est employable que sur faïence; on l'obtient en précipitant des solutions de :

Alun	47,4
Sulfate de manganèse	13,85

par une dissolution de :

Carbonate de soude anhydre	30

On lave le tout, on le sèche et on le calcine. Le ton est *brun de mûres.*

Le phosphate de manganèse fournit des bruns violets en présence d'oxyde d'étain :

Brun violet	Phosphate de manganèse....	177,5
	Oxyde d'étain..............	75

On prépare ce phosphate en précipitant 41p,6 de sulfate de manganèse par 35p,8 de phosphate de soude et 5p,3 de carbonate de soude. On chauffe doucement.

Bleus.

On part, soit de l'oxyde de cobalt, soit du phosphate du même métal :

Bleu foncé	Phosphate de cobalt...........	183
	Alumine pure..................	103

Le phosphate de cobalt s'obtient en précipitant 19p,5 de chlorure de cobalt ou 40p de sulfate de cobalt par 53p,8 de phosphate de soude et 5p,3 de carbonate de soude. On lave le précipité et on le calcine.

Bleu foncé	Oxyde noir de cobalt.......	82,80
	Alumine pure..............	103,00
Bleu	Oxyde de zinc.............	35,5
	Phosphate de cobalt........	34,5
	Alumine..................	51,5
Bleu clair	Oxyde de zinc.............	35,5
	Phosphate de cobalt........	8,6
	Alumine..................	51,5

En mêlant à l'oxyde d'autres colorants on modifie sa nuance :

Bleu gris foncé	Oxyde de cobalt........	50
	Oxyde de nickel........	50
Bleu vert foncé	Oxyde de cobalt........	165,6
	Oxyde de chrome.......	76,2
	Alumine...............	154,5

La couleur s'améliore par un fort coup de feu.

Bleu vert clair I	Oxyde de zinc.........	40,3
	Chromate de cobalt....	56,4
	Alumine pure.........	103
Bleu vert clair II	Oxyde de zinc.........	35,5
	Chromate de cobalt....	7,0
	Alumine..............	51,5

On prépare le chromate de cobalt en précipitant en solution aqueuse 154p,8 de sulfate de cobalt (anhydre) par 97p,1 de chromate neutre de potassium. On lave, on calcine modérément et l'on renouvelle le lavage.

Bleu turquoise	Phosphate de cuivre.....	119,3
	Oxyde d'étain...........	150

Le phosphate se prépare en précipitant 37p,4 de sulfate de cuivre par 35p,8 de phosphate de soude et 5p,3 de carbonate de soude. On sèche le précipité et on le calcine légèrement.

Gris.

On mêle à la masse du chloroplatinate d'ammoniaque ou de l'iridium. Le gris le plus pur se prépare avec :

Sesquioxyde d'iridium....................	5
Pâte à porcelaine........................	95

On mélange et l'on chauffe à la fusion de l'argent.

Verts.

L'oxyde de chrome est le colorant des verts. Il est important de l'employer bien pur, car toute trace de fer altère la beauté du ton :

Vert foncé	Oxyde de nickel............	149,6
	Oxyde de chrome...........	76,2

On chauffe fortement, en évitant les réductions, le mélange suivant :

Vert clair	Bichromate de potassium.......	36
	Sable siliceux.................	20
	Craie.........................	20
	Fluorure de calcium...........	20

Il faut amener la température à la fusion de la montre de Seger n° 8. On broie le mélange refroidi, on le lave et on le chauffe une seconde fois. Il n'est plus nécessaire de recourir à une température aussi élevée que la première fois; une chauffe jusqu'à la montre o,6 suffira.

Vert jaune clair	Chromate de baryte........	46
	Marbre..................	34
	Acide borique............	20

Ce colorant n'est employable que sur faïence. On porte le mélange à la fusion de l'or.

Le chromate se prépare en précipitant 104p de chrome de baryum par 97p,5 de chromate neutre de potasse. On lave et l'on réchauffe.

Rouges.

Les rouges se préparent, soit avec du pinck, soit avec de l'or. L'oxyde de fer n'est employable que pour des températures élevées.

Rose (Pinck)	Oxyde d'étain................	50
	Marbre.....................	25
	Quartz.....................	18

On ajoute au mélange bien broyé 3p de bichromate de potasse et 4p de borax, dissous à chaud. Le tout est évaporé, bien broyé et passé à un fort feu. On lave après cette calcination. Il faut cuire ce colorant en oxydant.

L'addition d'une plus forte quantité d'oxyde d'étain et la suppression du quartz, en diminuant aussi la chaux, donnent un ton plus violet.

On peut préparer un mélange de :

Oxyde d'étain............................	70
Marbre.................................	23

le broyer, lui incorporer la même quantité de bichromate et de borax que plus haut, sécher le tout et broyer, puis calciner.

En faisant disparaître le marbre totalement, on a des tons

lilacés non employables sur la porcelaine :

Lilacé	Oxyde d'étain	50
	Bichromate de potasse	3
	Borax	20

On opère comme précédemment.

L'or permet de préparer de beaux tons. Pour avoir un *rouge pourpre* on ajoute à 90g de kaolin pur bien blanc (le *china clay* des Anglais convient très bien), 10g d'or dissous dans l'eau régale. On verse dans le mélange du carbonate de soude jusqu'à réaction alcaline, puis 20g de sucre de raisin et l'on chauffe 1 demi-heure. La masse obtenue est rouge pourpre; on la lave et on la chauffe à la fusion de l'argent. Le ton s'éclaircit. Il est nécessaire de laver une seconde fois.

Rose	Kaolin blanc	98
	Or dissous dans l'eau régale	2

On opère comme plus haut.

Les couleurs à base d'oxyde de fer ne sont utilisables que sur faïence. On prépare un rouge de fer de la manière suivante :

a. Sulfate ferreux (dissous dans l'eau)	27,8
b. Alun (dissous dans l'eau)	189,8

Après peroxydation par l'acide azotique de la solution *a*, on lui ajoute la solution *b* et, au moyen d'ammoniaque en excès, on précipite totalement le mélange.

Pour l'emploi on prend :

Colorant alumino-ferrique	70
Glaçure de faïence fine ferrifère	30

Jaunes.

Ces colorants à base d'antimoniate de plomb ne sont utilisables que sur faïence.

Jaune	Azotate de plomb	73
	Oxyde d'antimoine	33
	Alumine	12,2
	Sel marin	100

Le mélange broyé est fritté au feu d'émail et lavé ensuite. C'est un colorant un peu fusible que l'on peut durcir par l'addition de 33,3 pour 100 de stannate de chaux. Ce dernier se prépare en calcinant le mélange bien broyé de :

Oxyde d'étain	75
Marbre	50

Jaune orangé	Minium	50
	Oxyde d'antimoine	33
	Oxyde de fer	18
	Salpêtre	25

On mêle au mortier, passe au feu d'émail comme précédemment.

Le titane fournit un ton plus solide. Il faut l'introduire à l'état de *rutile,* car la teneur en fer est utile à la coloration.

Jaune	Rutile	41
	Oxyde de zinc	40,6

Avec une couverte trop fusible, cette coloration est détruite.

B. — Couleurs sous couverte d'après Tenax ([1]).

Voici une palette indiquée par l'auteur pour la faïence fine :

Bleus.

1.	Oxyde de cobalt noir	61,5
	Tournassures	38,5
2.	Alumine anhydre	61
	Oxyde de cobalt	7,5
	Oxyde de zinc	31,5

On peut opérer avantageusement de la manière suivante : les oxydes pesés sont dissous dans l'acide nitrique (pour la dissolution de l'alumine on pourra recourir à l'acide sulfurique), puis la liqueur est évaporée et le résidu fortement calciné. On

([1]) *Die Steingut und Porzellan Fabrikation,* p. 104.

placera ce résidu dans un creuset et on le chauffera dans le four à biscuit.

Mat.	Alun ammoniacal	80
	Carbonate de cobalt	8
	Oxyde de zinc	12

On mélangera d'abord l'alun et l'oxyde de zinc, en les broyant ensemble au mortier. On versera sur le tout le carbonate de cobalt dissous dans l'acide azotique et l'on évaporera à sec. Le résidu est passé au four et lavé.

Foncé.	Alumine hydratée	70
	Oxyde de cobalt	20
	Azotate de potasse	10

On délaie l'alumine et l'oxyde de cobalt dans l'eau, on ajoute l'azotate de potasse pulvérisé et, après avoir séché, on passe au four. Le résidu doit être lavé [1].

Verdâtre	Oxyde de chrome	20
	Oxyde de cobalt	4
	Oxyde de zinc	16
	Silice calcinée	32
	Acide borique	18
	Azotate de potasse	10

Jaunes.

On fait du jaune de Naples avec :

Tartrate d'antimoine et potassium	1
Azotate de plomb	2
Sel marin	4

On chauffe au rouge et lave.

S'il s'agit d'un colorant devant supporter un fort feu on compose alors le jaune ainsi :

---

[1] Pour abréger nous désignerons par F lorsqu'il faudra passer au four la composition et par L le lavage, s'il est nécessaire.

Jaune précédent	1,5
Calcine à 25 pour 100 d'étain	4
Oxyde d'antimoine	2

Verts.

1.	Oxyde de chrome	20
	Silice calcinée	40
	Flux	40

le flux est fait en frittant au four de biscuit.

Silice	65
Borax	33
Craie	2

2 clair. F. L.	Bichromate de potasse	36
	Chlorure de calcium	12
	Silice	20
	Craie	20
	Spath fluor	12

Brun.

F. L.	Sulfate de fer	38
	Oxyde de zinc	38
	Bichromate de potasse	24

Rose (*Pinck*).

Oxyde d'étain	50
Craie	26
Silice calcinée	18
Bichromate de potasse	3
Borax	4

On broie soigneusement les matières (sauf le bichromate), puis on verse sur le tout le bichromate dissous dans le moins d'eau possible. On évapore à sec et l'on calcine au four à biscuit. Le résidu est lavé soigneusement.

Violet.

F. L.	Oxyde d'étain	100
	Acide borique	10
	Oxyde de cobalt	1
	Chromate de plomb	1,5

On peut éclaircir le ton avec

Colorant	80
Céruse	30

et le faire virer au bleu avec

Colorant	90
Bleu foncé	10

Noirs.

1. F. L.	Oxyde de fer	44
	Oxyde de chrome	44
	Oxyde de manganèse brut	10
	Oxyde de cobalt (RKO)	2
2. F.	Oxydes de chrome et fer	85
	Oxyde de cobalt	5
	Oxyde de manganèse	10

Le mélange des deux oxydes provient de la calcination de 2 parties de sulfate de fer et 1 partie de bichromate de potasse. On lave le résidu.

Ce noir convient très bien à l'impression.

C. — Couleurs sous couvertes en teintures.

M. Larchevêque ([1]) a donné la formule de teintures commodes à employer pour le décor sous couverte. Ces teintures sont à base de glycérine, elles sont neutres et renferment des sels décomposables par la chaleur. Les azotates donnent de bons résultats. Il faut maintenir au bain-marie pendant quelque temps le mélange de glycérine et de sel, afin d'obtenir la neutralisation complète, cette dernière s'effectue aux dépens de la glycérine.

Le *bleu* s'obtient avec l'azotate de cobalt. A 100^g de sel, on ajoute 700^{cm^3} de glycérine, on maintient au bain-marie et l'on concentre. On complète après refroidissement à 800^{cm^3}.

Le *maïs* se prépare avec l'azotate de nickel (30^g). On opère comme ci-dessus, mais on étend à 1000^{cm^3}.

([1]) *La Céramique*, mai 1901, p. 176.

L'*ardoisé* :

Sulfate de nickel et de cobalt	40g

Traiter comme le précédent.

Les *verts* se produisent de différentes manières :

Vert 1. — On dissout à *froid* et à *saturation* du chromate neutre de sodium.

Vert 2. — On prend alun de chrome 300g et l'on opère comme pour le nickel.

Vert 3. — On fait d'abord une solution d'azotate de chrome neutre. On obtient de bons résultats avec une liqueur contenant 100g de Cr^2O^3 par litre.

Gris. — La base est le chlorure de platine que l'on emploie à 6g de platine par litre.

Rose. — On prend de l'or brillant renfermant $\frac{115}{1900}$ d'or fin que l'on étend au $\frac{1}{10}$.

La méthode se prête aux mélanges de tons, ainsi en prenant :

Azotate d'alumine	28g
» de cobalt	12
» de manganèse	4

et ajoutant 20cm³ de glycérine, on a les éléments d'un bleu foncé. Ces teintures se posent au pinceau ou même au vaporisateur.

§ 3. — Pates d'application.

On peut composer des couleurs sous couvertes (pâtes) applicables sur porcelaine, sous forme plastique et par conséquent pouvant être mises en relief, en ajoutant à un colorant de la pâte sèche. Voici quelques exemples de pâtes essayées ou employées à Sèvres [1] :

Bleu.

Colorant	12
Pâte sèche	88

(1) De Luynes, *Rapport sur la Céramique à l'Exposition de* 1878. Notes de Salvetat, p. 157.

Le colorant s'obtient en mélangeant :

Oxyde de cobalt	1
Alumine hydratée	3

Brun.

Chromate de fer artificiel	30
Pâte sèche	70

Jaune.

Uranate d'ammonium	4
Pâte sèche	96

Vert.

Oxyde de chrome	10
Pâte sèche	90

Rose.

On obtient un ton mauve au moyen de l'aluminate de chrome. On chauffe fortement en oxydant :

Alumine	1000
Bichromate de potasse	75

On prend :

Pâte sèche	330
Couverte	120
Colorant	540

Noir.

Pâte sèche	50
Oxyde d'urane calciné	50

Ces formules diffèrent à peine de celles indiquées par Salvetat. Elles sont mises sous une forme plus simple et plus rationnelle que celles indiquées dans l'Ouvrage précité.

Les pâtes composées pour la décoration de la porcelaine nouvelle de Sèvres, au moment de l'apparition de cette poterie,

étaient faites avec de la pâte à laquelle on incorporait une fritte colorée [1], comme le montrent les compositions suivantes. Parfois aussi on s'est contenté d'opérer comme précédemment, en ajoutant à la pâte un colorant :

Bleu.

Fritte	Sable quartzeux	54
	Kaolin	45
	Oxyde de cobalt	11
Pâte	Kaolin	45
	Fritte	57
	Tournassures	71

Vert.

Fritte	Sable quartzeux	30
	Kaolin	25
	Pegmatite	75
	Oxyde de chrome	20
Pâte	Kaolin	20
	Fritte colorée	30
	Tournassures	85

Rose.

Pâte	Aluminate de chrome	30
	Pegmatite	20
	Tournassures	100

Noir.

Fritte	Kaolin	50
	Chromate de fer	15
	Oxyde de cobalt	6
Pâte	Tournassures	75
	Fritte	30

(1) LAUTH et VOGT, *Notice sur la fabrication de la porcelaine nouvelle*, p. 24.

§ 4. — Émaux.

Les émaux se distinguent des couleurs par leur nature; ils sont formés par un colorant dissous dans un fondant approprié, alors que les couleurs ne contiennent le colorant qu'à l'état d'émulsion.

Les émaux possèdent donc une transparence que n'ont pas les couleurs vitrifiables.

A. — Émaux plombeux, alcalins et stannifères.

Pour la terre cuite et même la faïence fine, on se sert beaucoup d'émaux, dits *émaux alcalins,* par suite de la nature du fondant. Le fondant est plombeux et alcalin, mais la quantité moléculaire d'alcalis qu'il renferme est relativement élevée. On utilise aussi des fondants seulement plombeux. Comme limites extrêmes ordinaires de ces fondants on peut prendre

$$PbO, 2SiO^2 \text{ à } \left\{ \begin{matrix} 0,55\,PbO \\ 0,45\,Na^2O \end{matrix} \right\} 2,15\,SiO^2.$$

Un de ces fondants :

Sable siliceux	30
Carbonate de potasse	12
Carbonate de soude	8
Minium	30

correspond à la formule

$$2SiO^2\ 0,48PbO\ 0,56 \left\{ \begin{matrix} Na^2 \\ K^2 \end{matrix} \right\} O.$$

Parfois on a augmenté l'acidité jusqu'à la formule

$$2,5SiO^2\ 0,58PbO\ 0,42 \left\{ \begin{matrix} Na^2 \\ K^2 \end{matrix} \right\} O,$$

par exemple.

A ce fondant on ajoutera les colorants :

	Bleu.	Turquoise.	Vert.	Jaune.	Violet.
Oxyde de cobalt.....	0,7	»	»	»	»
Oxyde de cuivre.....	4,3	7	3,4	3,5	»
Oxyde de fer........	»	»	6,1	3,5	»
Oxyde de manganèse .	»	»	2,5	»	7
Fondant.............	95	93	88	95	93

La nature du flux a son influence. Pour certaines tonalités on emploie des fondants boraciques; le vert au cuivre prendra un ton plus clair avec un fondant plus plombeux.

Les émaux alcalins ont beaucoup d'éclat et gardent leur bel aspect à la lumière artificielle.

Avec des fondants renfermant de l'oxyde d'étain, on peut obtenir par additions de colorants des compositions opaques qui ne sont pas influencées par la coloration du support.

Les mélanges broyés finement et délayés dans l'eau sont posés par immersion ou arrosement. On émaille sur cru ou sur cuit.

Pour masquer la couleur de la terre, on peut aussi placer une engobe à la surface; ce procédé permet d'employer les émaux alcalins plus riches de tons.

Les terres cuites vernissées, les faïences communes ont recours à des procédés analogues pour leur décoration.

B. — Émaux de la porcelaine nouvelle de Sèvres.

Le fondant contient :

Sable broyé..........................	30,64
Minium...............................	45,20
Kaolin...............................	19,34
Craie................................	5,65

Blanc.

Oxyde d'étain........................	10
Fondant..............................	90

Au mélange destiné à former le fondant on ajoute 40 parties

de calcine faite avec un alliage de 10 parties d'étain et 30 parties de plomb.

Rose.

Fondant	80g
Fondant à 2 pour 100 d'argent	30g
Pourpre de Cassius en suspension dans l'eau (1g par 1000cm³)	15cm³

Le fondant argentifère s'obtient en dissolvant 2g d'argent dans l'acide azotique et en ajoutant la liqueur à 100g de fondant. On sèche et l'on fond.

Rubis.

Fondant	80g
Fondant à 2 pour 100 d'argent	53g
Liqueur de pourpre de Cassius précédente	93cm³

Jaunes.

Fondant	80
Uranate de plomb	4
Fondant 3	100
Colcothar	2

Fondre fortement.

Fondant	100
Antimoniate de plomb	4

On prépare l'antimoniate de plomb avec :

Minium	16
Oxyde de zinc	16
Acide antimonique	24

Fritter légèrement.

Verts.

Chromate de cobalt	2
Fondant	100
Oxyde de cuivre	4
Fondant	100

Bleus.

Oxyde de cobalt	1
Fondant	10

Oxyde de cobalt	4
Fondant	100

Brun.

Oxyde de fer	2
Oxyde de manganèse	3
Fondant	100

Noir.

Chromate de fer calciné	25
Fondant spécial	75

Le fondant spécial est fait avec :

Pegmatite	37,6
Sable	10,6
Minium	34,8
Acide borique fondu	17

Turquoise

Sable	
Minium	25
Carbonate de soude	21
Oxyde de cuivre	4

§ 5. — Couleurs de moufle.

Les couleurs de moufle comprennent un colorant associé à un fondant. Ce dernier doit être approprié à la nature du colorant et ne pas altérer ses propriétés. Les couleurs de moufle se posant sur couverte doivent bien adhérer à la couverte, prendre un beau glacé et ne pas se gercer.

Une des palettes les plus connues est celle que Brongniart a publiée dans son *Traité des Arts céramiques;* nous lui ferons de nombreux emprunts.

Les fondants indiqués par Brongniart sont au nombre de 7. Ce sont des silicates ou borosilicates plombeux, sauf le dernier. On peut considérer toutefois ce nombre comme exagéré et les réduire aux trois premiers et au dernier. Les fondants supplémentaires ont été ajoutés par Salvetat; leur utilité n'est pas absolument démontrée.

Leur composition est donnée par le Tableau suivant :

	1.	2.	2 *bis.*	3.	4.	5.	6.
Silice	25,40	22,46	16,83	33,30	15,98	5,69	10
Anhydride borique	»	7,61	11,12	38,40	36,06	17,59	11
Oxyde de plomb	74,60	66,40	67,34	11,00	47,96	76,72	79
Soude	»	3,40	»	17,16	»	»	»

Ces fondants sont désignés sous les noms de :

1, fondant rocaille.
2, fondant aux gris.
3, fondant de carmins.
4, fondant de pourpres.
5, fondant de violets.
6, fondant de verts.

Le fondant 7 est de l'azotate basique de bismuth, il sert particulièrement à fixer l'or, après addition de $\frac{1}{12}$ de borax anhydre.

On prépare les fondants de 1 à 6 par fusion de :

	1.	2.	2 *bis.*	3.	4.	5.	6.
Sable quartzeux	25	22,22	15	33,33	12,50	5,00	9
Minium	75	66,66	60	11,12	37,50	67,56	73
Borax fondu	»	11,11	25	55,55	»	»	»
Acide borique cristallisé	»	»	»	»	50,00	27,50	18

On fait parfois des distinctions dans les couleurs de moufle. Brongniart appelle certaines d'entre elles qui ne peuvent pas

supporter une température relativement élevée sans accident : couleurs de *moufles tendres*. Nous laisserons de côté celles qu'il désigne par couleurs de *demi-grand feu* ou de *grand feu de moufle* et nous n'examinerons que les premières, seules employées :

Blancs.

1	Sable quartzeux	53
	Calcine (à 15 pour 100 d'étain)	26
	Carbonate de potasse	21
2	Borax fondu	14
	Oxyde d'étain	14
	Anhydride arsénieux	4
	Cristal C	68

Il serait plus logique de prendre l'arsenic sous une forme moins volatile que l'anhydride arsénieux.

Le cristal C est fait avec :

Sable	45
Minium	37
Carbonate de potasse	18

On peut faire un blanc à mêler en modifiant le blanc 2, qui est un blanc fixe, par des additions de fondant 1.

Bleus.

22 (indigo)	Carbonate de cobalt	13
	Carbonate de zinc	26
	Fondant 2	61
23 (turquoise)	Alun	92
	Carbonate de cobalt	6
	Carbonate de zinc	2

On dissout l'alun dans l'eau, les carbonates dans l'acide chlorhydrique et l'on mêle les solutions. On précipite alors par le carbonate de soude et on lave le précipité.

Calciné au rouge cerise, il prend une teinte *bleu turquoise*. A plus haute température il passe au violet.

Le fondant comprend :

Sable quartzeux	60
Minium	20
Acide borique cristallisé	20

	24 (azur).	28 (ciel).
Carbonate de cobalt	11	7
Carbonate de zinc	22	14
Fondant 2	67	79

En faisant varier le rapport du zinc au cobalt et au fondant, on a le bleu de ciel 28. On peut étendre de fondant.

Bleu de roi foncé	Carbonate de cobalt	29
	Sable quartzeux	29
	Carbonate de potasse	42

Verts.

35. On prépare d'abord le colorant suivant, en donnant un bon coup de feu :

34 (vert bleu)	Oxyde de chrome	50
	Carbonate de cobalt	25
	Carbonate de zinc (1)	25

On mélange 1 de cet oxyde à 4 de fondant 3 ou 6.

36 (foncé)	Colorant vert foncé	25
	Fondant 3 ou 6	75

Le colorant est obtenu en chauffant fortement un mélange de 25 parties de carbonate de cobalt et 75 parties d'oxyde de chrome.

Les verts de Meissen s'obtiennent en faisant d'abord un colorant analogue, que l'on additionne d'un fondant composé de :

A	Sable quartzeux	18
	Acide borique	9
	Minium	73

(1) Brongniart indique bien du carbonate de zinc. Cette recette ne *donne pas de vert bleu.* Il y a lieu de remplacer le carbonate de zinc par de l'alumine.

On prend 16,5 de colorant et 83,5 de fondant. On peut jaunir la teinte par mélange avec du jaune. Ainsi on pourra composer un vert clair, un vert jaune et un verre bleu.

	Vert clair.	Vert jaune.
Colorant	12,5	9,25
Jaune	25	72,25
Fondant	62,5	18,50

Le jaune ajouté au vert clair est formé suivant A, celui que l'on mêle pour avoir le vert jaune est composé suivant B.

	A.	B.
Oxyde d'antimoine	14,5	4,5
Oxyde de zinc	9	4,5
Oxyde jaune de fer	4,5	»
Fondant	72	»
Quartz	»	18,25
Minium	»	72,75

Le vert bleu emprunte la même base, mais il nécessite un autre fondant.

Vert bleu	Colorant	5,75
	Oxyde de zinc	5,75
	Oxyde d'étain	5,75
	Fondant A	16,75
	Fondant B	66
Fondant B	Minium	34,5
	Quartz	24
	Kaolin	12
	Feldspath	12
	Acide borique cristallisé	17,5

Le fondant A et les jaunes A et B sont fondus et coulés.

Jaunes.

41 A	Jaune 41 B	33
	Émail blanc	67
41 B	Antimoniate de potasse	79
	Carbonate de zinc	14
	Fondant 2 *bis*	7

On fond le mélange.

42	Antimoniate de potasse	14
	Carbonate de zinc	7
	Fondant 2 *bis*	79

On fond.

46 (foncé)	Antimoniate de potasse	17
	Carbonate de zinc	4
	Oxyde de fer	4
	Fondant	75

On fond.

45	Oxyde d'urane	25
	Fondant 1 ou 2	75

Rouges.

On peut, au moyen de l'oxyde de fer, obtenir tous les tons du rouge orangé au rouge violâtre foncé. On prend, pour 1 de colorant, 3 de fondant 2 ou 2 *bis*.

Rouge orangé.

Le ton dit *corail* s'obtient au moyen de chromate de plomb rouge dans un fondant pas trop acide.

Bruns.

Les bruns jaunes se préparent en ajoutant à l'oxyde de fer du zinc, que l'on prend sous forme d'oxyde ou d'hydrocarbonate.

50	Oxyde de fer jaune	8
	Carbonate de zinc	15
	Fondant 2	77

On peut porter l'oxyde de fer à 23 dans les tons très foncés en diminuant un peu le carbonate de zinc. On augmente la dose de fondant à 80 dans les tons clairs.

Les bruns rouges contiennent de l'oxyde de fer avec des oxydes de cobalt et de manganèse.

67	Oxyde de fer brun	25
	Fondant	75

70	Oxyde de fer précipité	12,1
	Carbonate de cobalt	3,0
	Carbonate de zinc	12,2
	Fondant 2 *bis*	72,7

On arrivera au brun sépia en forçant la teneur en cobalt.

75	Oxyde de fer précipité	11,8
	Carbonate de zinc	11,8
	Carbonate de cobalt	5,8
	Fondant 2 *bis*	70,6

Pourpres et carmins.

Ces couleurs sont à base d'or. Leur préparation dérive de celle du pourpre de Cassius. On obtient le précipité de pourpre en traitant une solution de chlorure d'or par du chlorure d'étain. Les préparations indiquées sont nombreuses, nous reproduisons celle de Bunel.

On dissout l'étain dans :

Acide azotique	4
Acide chlorhydrique	1
Eau	10

cette solution est étendue de 5^l d'eau. On la verse lentement et en agitant dans la liqueur d'or étendue au même volume. Pour le poids indiqué il faut prendre 5^g d'or. Le précipité est lavé avec soin.

On peut aussi précipiter l'or par le chlorostannite d'ammonium.

Brongniart (1) recommande d'opérer comme il suit.

On prend le précipité encore humide; on l'étend sur une glace et l'on y ajoute un volume de fondant trois fois plus considérable que celui du pourpre employé; on ajoute encore quelques grains de chlorure d'argent et l'on broie jusqu'à mélange intime.

(1) *Traité des Arts céramiques*, 1844, t. II, p. 577.

En augmentant la dose de fondant on a un carmin tendre. L'essai de la couleur indiquera si l'on a réussi. Un ton terne nécessite une augmentation de fondant, un ton jaune une diminution de chlorure d'argent. Il est bon, pour introduire l'argent dans la couleur, de fondre préalablement ou de fritter à une légère chaleur le fondant de carmin broyé à l'eau avec le chlorure d'argent.

Les carmins renferment toujours de l'argent; en diminuant la teneur du fondant en ce métal le ton vire au pourpre, en la supprimant au violet. Pour faire le violet d'or on mêle volumes égaux de pourpre et de fondant 1 ou 5. L'excès d'oxyde de plomb dans le fondant fait aussi virer le carmin au violet.

Tenax [1] indique de dissoudre 5g de chlorure d'or neutre dans 10l d'eau distillée et de précipiter par 7g,5 d'une solution de chlorure stanneux de 1,7 de densité. On opère comme précédemment en versant le réactif lentement et agitant. Le précipité tombe au fond après addition de quelques gouttes d'acide sulfurique. Le pourpre humide est mélangé à 10g de fondant et broyé; on ajoute à la masse sèche 0g,5 de carbonate d'argent. Pour préparer des pourpres clairs on fait la précipitation avec 2g de la solution précédente de chlorure stanneux et 5g d'étain dissous dans l'eau régale. On étend à 10l avant l'introduction du précipitant et l'on part de 0g,5 d'or à l'état de chlorure neutre. La liqueur colorée en rouge foncé reçoit une addition de 50g de solution ammoniacale. Au précipité, humide et lavé, on incorpore 20g de fondant. Après dessiccation le mélange est broyé avec 3g de carbonate d'argent.

Ces procédés ont été l'objet de nombreux essais, car leurs insuccès sont fréquents. Un moyen de préparation plus récent consiste à faire une laque kaolinique en précipitant l'or par le chlorure d'étain comme nous l'avons indiqué.

Dans 8l d'eau, on délaie 24g,5 de kaolin et l'on ajoute 0g,5 d'or dissous dans l'eau régale.

La précipitation se fait avec 2g,5 d'étain, à l'état de chlorure d'étain, qu'on laisse couler goutte à goutte et en agitant. Il

---

(1) *Die Steingut und Porzellanfabrication*, p. 207.

reste une laque rose que l'on additionne d'eau de manière à amener l'émulsion à occuper 500^{cm^3}.

On forme la couleur avec

2,5 fondant,
2,5 fondant à l'argent,
14^{cm^3}, 8 de laque.

Le fondant contient :

Borax fondu	22,36
Feldspath	9,82
Minium	16,38
Sable	34,32
Carbonate de soude	3,21
Craie	3,51

Pour avoir le fondant à l'argent on prend 60^g de ce fondant, préalablement fondu, on les broie et les arrose avec $1^g,2$ d'argent dissous dans l'acide azotique. Le tout est évaporé et fondu [1].

Cette manière d'opérer est sujette à des variations, car les laques kaoliniques ne sont pas toujours comparables. Il faut tenir compte de la quantité plus ou moins grande du kaolin introduit.

Noirs.

17.	Carbonate de cobalt	10
	Oxyde de fer précipité	8
	Fondant 2 *bis*	85

on fritte.

En variant les quantités de colorant on change la tonalité. Le noir foncé est composé avec :

19.	Carbonate de cobalt	11
	Oxyde de fer précipité	11
	Fondant 2 *bis*	78

(1) Lavezard, *Revue de Physique et Chimie*, 1901, p. 150.

Le sesquioxyde d'iridium fournit un beau ton.

20.	Oxyde d'iridium	25
	Fondant	75

Gris.

Les noirs délayés avec de l'oxyde de zinc passent au gris.

12.	Carbonate de cobalt	6
	Oxyde de fer jaune	13
	Carbonate de zinc	13
	Fondant 2 S	68

§ 6. — Application des métaux.

Les métaux mélangés avec un fondant peuvent être appliqués sur les couvertes.

L'or est le plus employé pour l'ornementation. On prépare l'or par précipitation, puis on l'additionne de fondant au bismuth. Ce fondant est formé d'oxyde ou d'un mélange d'oxyde et d'azotate basique de bismuth, obtenu en précipitant par l'ammoniaque la liqueur d'où s'est déposé le sel basique. On mélange les deux précipités et l'on ajoute du borax (*voir* p. 604).

La dorure une fois posée est cuite en moufles; la cuisson est faite à une température supérieure à celle de la cuisson des couleurs.

L'or sortant du moufle doit subir le polissage au brunissoir.

Dans l'industrie on emploie, pour faire de la dorure économique, des préparations dites *or brillant.*

On ajoute à un dérivé organique un sel d'or et l'on peint avec la solution obtenue. On a ainsi de l'or qui sort brillant, sans brunissage, du moufle. L'or préparé de cette sorte couvre beaucoup; il a le désavantage de donner un métal trop brillant, d'une tonalité peu discrète.

Les solvants auxquels on incorpore l'or sont de natures diverses; ils doivent se détruire au feu sans donner de résidus. A cette catégorie appartiennent certains mercaptans, les baumes de soufre, etc.

Le procédé Dutertre, comme exemple, emploie un dissolvant formé de

Soufre	16
Térébenthine de Venise	16
Essence de térébenthine	80

Quand le tout est fondu, on verse 50g d'essence de lavande.

On ajoute une solution contenant 32g d'or additionnée de 0g,12 de chlorure d'antimoine et d'autant d'étain métallique.

On mélange soigneusement, puis on décante les eaux chargées d'acide. Au résidu on fait une dernière addition de 65g d'essence de lavande et de 100g d'essence de térébenthine.

On chauffe pour dissoudre le tout et on laisse reposer sur du fondant de bismuth (5g).

D'autres liqueurs mènent au même résultat.

On a préconisé aussi le dissolvant :

Baume de gorgone	14
Huile d'ambre	8
Essence de Rosemary	0,5

Actuellement pour donner, dit-on, de la résistance à l'or brillant, certains fabricants y ajoutent un peu de rhodium.

Ce que nous avons dit de l'or peut s'appliquer à d'autres métaux, tels que l'argent et le platine, moins utilisés que le précédent.

§ 7. — Lustres.

Les lustres se distinguent des décors obtenus par les métaux par leur aspect tout spécial. Les métaux étant très divisés joignent à leur éclat métallique les irisations produites par le jeu de la lumière sur leurs particules.

Les poteries hispano-mauresques sont décorées avec des lustres caractéristiques. Ces lustres se retrouvent aussi sur les porcelaines.

Les lustres hispano-mauresques sont faits en mélangeant la composition qui doit fournir le métal divisé avec de l'ocre rouge,

par exemple l'oxalate de cuivre. On pose le mélange en couche épaisse sur la pièce émaillée et l'on cuit en moufle. Une fois que l'émail est bien chaud et près de son point de fusion, on bouche la partie supérieure du moufle, de manière à enfumer le moufle et son contenu. Il se produit une réaction, et on laisse refroidir. En lavant les pièces on les débarrasse de l'excès d'ocre et l'on voit apparaître les reflets irisés.

En modifiant les rapports d'ocre et du composé métallique, en ajoutant de l'argent on arrive à varier les tonalités de ces lustres.

On peut obtenir aussi d'autres lustres moins brillants que les précédents, mais plus noirs, par d'autres procédés.

Les lustres, dits de *Brianchon,* sont obtenus en ajoutant à des résines et à des essences des composés métalliques.

Ainsi on fera un mélange de :

Azotate de bismuth..	10
Arcanson..	30
Essence de lavande..	75

On fera d'abord fondre la résine, on ajoutera ensuite l'azotate et, quand tout sera fondu, on versera 40 parties seulement d'essence. On retire du feu et on laisse refroidir, puis on introduit le reste de l'essence.

La matière ainsi préparée est dénuée de coloration, elle donne simplement des irisations. Avec le fer on aura une coloration rouge, avec l'urane jaune, etc.

On cuit comme les autres peintures.

§ 8. — Peinture entre glaçures.

Ce procédé de décoration est un intermédiaire entre le décor sous couverte et le décor de moufle. Les couleurs sont posées sur couverte, comme dans la peinture de moufle, et ensuite recouvertes d'une glaçure comme dans le décor sous couverte. En 1900, la Manufacture royale de Berlin avait exposé un grand panneau décoré par ce procédé.

La glaçure sur laquelle on pose le décor peut être une glaçure à l'oxyde d'étain ou une glaçure comme celle des faïences fines, ou bien encore une couverte de porcelaine. La composition de la deuxième glaçure devra être modifiée naturellement suivant la nature de la glaçure précédente.

Voici deux exemples [1] empruntés à la Manufacture royale de Berlin.

La première de ces glaçures était appliquée sur de la porcelaine dite *de Seger* dont la couverte a pour formule

$$\left.\begin{matrix} 0{,}3\,K^2O \\ 0{,}7\,CaO \end{matrix}\right\} 0{,}5\,Al^2O^3, 4\,SiO^2.$$

Pour recouvrir cette couverte, Seger avait choisi une glaçure de même type :

$$\left.\begin{matrix} 0{,}3\,K^2O \\ 0{,}7\,CaO \end{matrix}\right\} 0{,}5\,Al^2O^3 \left\{\begin{matrix} 2{,}66\,SiO^2 \\ 1{,}33\,B^2O^3. \end{matrix}\right.$$

L'anhydride borique y remplace $\frac{1}{3}$ de la silice. Pour la préparer on fritte :

Sable quartzeux	26,3
Marbre ou craie	17,1
Borax cristallisé	24,6
Acide borique cristallisé	27,2
	95,2

Après frittage, la masse se réduit à 64 parties auxquelles on ajoute 33 parties de kaolin de Zettlitz. Cette glaçure, ainsi composée, fond à la montre 07.

Pour les carreaux de revêtement on a utilisé une autre glaçure. Cette dernière est plombeuse et sans alcali

$$\left.\begin{matrix} 0{,}3\,PbO \\ 0{,}7\,CaO \end{matrix}\right\} 0{,}1\,Al^2O^3 \left\{\begin{matrix} 2{,}7\,SiO^3 \\ 0{,}3\,B^2O^3. \end{matrix}\right.$$

---

(1) *Seger's Schriften*, p. 594, et *Tonindustrie Zeitung*, 1890, p. 769; 1905, p. 70, et *La Céramique*, 1905, p. 145.

On l'obtient en frittant :

Sable	150
Marbre ou craie	30
Minium	160
Acide borique cristallisé	55

A la fritte on ajoute 26 parties de kaolin.

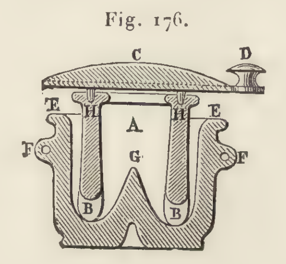
En général, il faut se rappeler qu'il y a avantage à donner à la glaçure qui recouvre le tout une teneur en chaux et alumine aussi élevée que possible. Faute de tenir compte de cette observation, on s'expose à voir la glaçure attaquer les colorants.

IV. — APPLICATION DE LA DÉCORATION.

Les compositions qui servent au décor une fois préparées, il faut les mettre sous une forme en permettant l'application. La première opération à leur faire subir est le broyage. Il faut employer la matière à un grand état de division.

Le broyage s'est effectué pendant longtemps dans des mortiers, en biscuit de porcelaine le plus souvent. Ces mortiers ont

Fig. 176.



reçu une forme un peu différente de celles des mortiers ordinaires. Au fond s'élève une quille qui détermine une rigole circulaire dans laquelle vient entrer la base d'un cylindre creux de porcelaine. C'est cette dernière pièce qui joue le rôle du pilon; elle tourne autour de son axe et frotte constamment sur le fond du mortier. A la partie supérieure du mortier, on fixe un disque de plomb ou de métal lourd destiné à alourdir le système.

Une manivelle D fixée au disque C permet de donner le mouvement de rotation.

On broie la matière, non à sec, mais humectée d'eau.

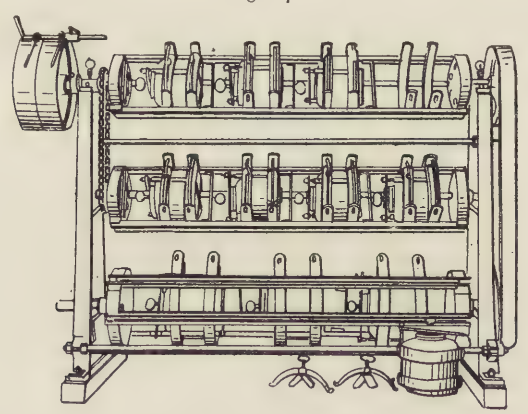
Ces moulins, au lieu d'être manœuvrés à la main, sont aussi actionnés mécaniquement. On en groupe un certain nombre et

Fig. 177.



on les entraîne au moyen d'une transmission. Le rendement de ces petits moulins est faible, aussi les remplace-t-on avantageusement par des moulins à billes. Le moulin a la forme

Fig. 178.



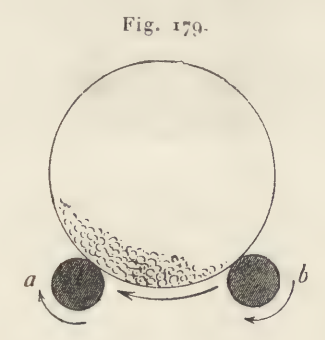
d'un pot de grès, à fermeture hermétique. On verse la matière à broyer, de l'eau et des galets, puis, une fois l'ouverture fermée par le couvercle, on place le vase dans une rigole de bois ou de

tôle qui l'environne complètement. La rigole tourne autour de son axe et entraîne l'appareil.

Ces moulins se font en grès, ou en porcelaine, avec couvercle de même matière maintenu par une bride. On peut, sur un même bâti, installer plusieurs rigoles et actionner, avec peu de force, un nombre assez grand de broyeurs.

On donne aussi au moulin à billes une forme plus simple. Le moulin proprement dit est un vase cylindrique de peu de hauteur. L'introduction de la matière et des billes se fait par une ouverture circulaire percée au milieu d'une des bases et que peut fermer un bouchon. On ne place pas le moulin dans une

Fig. 179.



rigole, mais on le pose sur deux arbres parallèles horizontaux tournant dans le même sens. La transmission du mouvement se fait dans ce cas d'une manière extrêmement simple.

Pour la pulvérisation de petites quantités on se sert de la glace et de la molette. On arrive à broyer les corps à l'état de poudre impalpable. On fait le broyage en ajoutant de l'eau à la masse. Comme la poudre s'étale sur la glace on la ramène avec un couteau.

Le plus grand soin est nécessaire dans la pulvérisation des préparations.

§ 1. — Posage des couvertes, des fonds et des couleurs.

La composition pulvérisée n'aurait aucune adhérence au support sans le secours d'une matière auxiliaire. Les substances

capables de satisfaire aux exigences de la Céramique sont peu nombreuses.

L'eau peut servir à cet usage. Elle ne donne pas beaucoup de ressources. La couleur délayée à l'eau pure s'applique difficilement sur les surfaces émaillées et exige des tours de main particuliers pour donner de bons résultats. Une surface unie est toujours délicate à obtenir.

L'eau gommée est d'un emploi plus commode. Elle laisse utiliser la couleur avec plus de liberté, donne de l'adhérence à la couleur. La retouche, en revanche, reste fort difficile à effectuer.

L'essence de térébenthine de bonne qualité, additionnée d'essence grasse et parfois aussi d'essence de lavande, a été principalement employée par les peintres. On appelle *essence grasse* le résultat de l'exposition à l'air de l'essence de térébenthine. Cette dernière s'oxyde et se résinifie en s'épaississant. L'essence n'a pas l'avantage que possède l'eau, de se vaporiser sans résidu. Le départ de l'essence est plus compliqué, sous l'action de la chaleur, par suite de la destruction de l'essence.

L'huile vierge a été aussi utilisée.

On a tiré parti également de la glycérine.

Les huiles de lin, de noix peuvent rendre des services. On rend les huiles siccatives par chauffage avec de l'oxyde de plomb.

Sous le nom de *mordant du frère Hippolyte* on a fait usage d'un mucilage obtenu en faisant bouillir pendant 8 heures des gousses d'ail et des oignons.

Suivant que la surface sur laquelle on applique les compositions est mate ou glacée, on fait choix de l'une ou de l'autre de ces matières. Un enduit visqueux est nécessaire lorsque l'on veut poser les couleurs sur l'émail; sur la surface mate du biscuit ou du dégourdi un liquide aqueux peut suffire.

Le posage des couleurs se fait au pinceau dans beaucoup de cas. On mélange la couleur broyée et sèche avec la substance délayante et l'on applique sur la surface. Pour obtenir une adhérence suffisante sur une surface unie, comme celle que possède une poterie émaillée, on a recours à une préparation préalable

du support. Ainsi une première couche d'essence donnera une surface visqueuse sur laquelle mordront plus facilement les couleurs délayées.

Quand il s'agit d'établir une plage uniforme comme un fond le travail est plus difficile. Les reprises font des marques qu'il ne faut pas laisser voir. Avec un pinceau dit *putois,* disposé en brosse, on égalise la surface en tamponnant. En posant deux couches on obtient une plus grande égalité.

S'il faut mettre une certaine épaisseur, il est nécessaire de recourir à une composition visqueuse telle qu'une huile épaissie. Sur cette couche on fait tomber au tamis la composition pulvérisée. On nettoie ensuite la surface dans les régions qui ne doivent pas être recouvertes.

Sur des surfaces poreuses comme le dégourdi ou la pâte crue le travail est plus facile puisqu'il permet de ne pas recourir aux adhésifs.

L'emploi du pulvérisateur est très commode pour couvrir une large surface. Sous le nom d'*aérographe*, on a construit un petit pulvérisateur qui peut rendre de réels services dans la pose des couleurs et des fonds de peu d'étendue.

Quelquefois il est nécessaire de ménager des réserves, c'est-à-dire de laisser des portions de la surface dépourvues de la composition dont on veut recouvrir les autres parties de la pièce. Par exemple, pendant le posage par immersion d'une composition colorée on peut se proposer de laisser complètement dégagés certains endroits. On recouvre alors d'un corps gras les parties à réserver. La couverte ne prend pas sur les surfaces ainsi protégées. On a utilisé successivement : l'huile, qui a l'inconvénient de pénétrer inégalement le dégourdi, le suif.

Avant d'aller plus loin il faut, après le posage, détruire la matière grasse par la chaleur. Après cela on peut déposer sur le tout une couverte.

On a suivi aussi une autre marche. On place d'abord la couverte; on met après à la brosse le fond bleu sur la totalité de la surface et l'on gratte les parties qui doivent rester blanches.

§ 2. — Impression mécanique.

Au lieu de recourir au travail du pinceau, travail lent et couteux, l'industrie utilise dans la fabrication courante l'impression mécanique. Le dessin est imprimé sur un papier préparé et l'on reporte le dessin supporté par le papier sur la pièce.

Gravure. — Le dessin est d'abord fait en creux sur une planche de cuivre. Il est facile, par la galvanoplastie, de reproduire le même dessin le nombre de fois désiré, une fois que l'on possède l'original.

On tire alors sur ces planches avec une encre, composée d'huile d'impression et de colorant. L'huile d'impression se fabrique de différentes manières.

Brongniart [1] indique une huile de lin ou de noix préparée par la méthode suivante : on verse dans une marmite l'huile de façon à ne remplir le vase qu'aux deux tiers, car le liquide gonfle sous l'action de la chaleur.

Quand l'huile est déjà chaude et voisine du point d'inflammation, on jette des tranches de pain dans le liquide. Le pain roussit, cuit et l'huile devient limpide.

L'huile maintenue sur le feu s'échauffe de plus en plus et s'allume. On laisse la combustion s'effectuer, mais on retire l'huile du feu. On pose le couvercle. Quand l'huile n'est plus assez chaude pour se rallumer d'elle-même, on essaie avec une baguette si elle est devenue assez visqueuse. Dans le cas où ce résultat n'est pas atteint, on remet le vase sur le feu et on laisse l'inflammation se reproduire. On continue cette série d'inflammations et d'extinctions jusqu'à ce que l'huile possède les propriétés nécessaires.

Lambert [2] préconise de chauffer comme précédemment,

---

(1) *Loc. cit.*, p. 650.
(2) *Loc. cit.*, p. 187.

mais sans introduire de pain, le mélange :

Huile de lin	2^l
Colophane	100^g
Litharge	20
Acétate de plomb	10
Copal	10

En faisant bouillir la composition suivante pendant plusieurs heures, on obtiendrait aussi des résultats satisfaisants :

Huile de lin	10
Huile de navet	1

On n'introduit l'huile de navet que lorsque l'huile de lin a déjà subi une ébullition d'une heure. Quand le mélange est froid on l'additionne de 1 partie de goudron de bois.

Le mélange des couleurs et de l'huile se fait à la molette pour de petites quantités; on a recours à une machine pour des quantités importantes.

L'encre est appliquée sur la planche chauffée, étalée, puis enlevée de la surface avec un tampon. On tire alors avec la planche, bien chargée dans ses creux, sur un papier au moyen d'une presse. Le papier et la planche passent entre deux cylindres. Pour un très grand débit on a remplacé les planches par des cylindres gravés.

Le papier n'est pas du papier collé. On le détache de la planche et on le passe aux découpeuses qui séparent les divers fragments du dessin. On applique ensuite le papier sur la poterie en frottant et en s'aidant d'une roulette. La séparation se fait en trempant dans l'eau l'objet et le papier imprimé. Le papier gonfle et se sépare de l'impression qui reste sur la pièce.

Ce procédé est très employé pour l'impression monochrome sous couverte.

On obtient de même les profils de dessins qu'il ne reste plus qu'à remplir de couleurs.

L'or s'applique par un procédé analogue. On le délaie dans l'huile en y ajoutant un tiers en volume de noir de fumée.

Le mélange est pauvre en or et l'impression s'en ressent, aussi repasse-t-on de l'or divisé sur l'image encore humide. Le dessin est renforcé et fixe une quantité d'or convenable.

On a essayé d'obtenir de la dorure par décalque, comme dans la chromolithographie [1].

Chromolithographie. — Pour obtenir des images imprimées en plusieurs couleurs, on suit un procédé analogue. On imprime en plusieurs couleurs successivement sur la même feuille et l'on reporte le tout sur la pièce.

Le papier est un papier collé, résistant, capable de ne pas subir des extensions inégales. On le recouvre d'une préparation renfermant de la fécule, de l'arrow-root ou d'autres matières semblables. Leur rôle est de faire un enduit, se gonflant dans l'eau, opérant la séparation du papier et de l'impression. On se sert aussi de papiers recouverts de pellicules, telles que des pellicules collodionnées.

Ces papiers se conservent avec leur impression et sont encore bons à être employés longtemps après leur préparation.

On tire les couleurs à la presse lithographique en ayant soin de bien repérer les diverses impressions. Au lieu d'employer de l'encre colorée, on tire simplement au vernis et l'on saupoudre après.

Le vernis est soit à base d'essence de térébenthine, soit à base de vernis lithographique mélangé de vernis copal et de suif.

Le saupoudrage suit l'impression au vernis, il se fait en étalant la couleur au blaireau, soit en passant la feuille dans une boîte pleine de couleur en poudre, dite *boîte à poudrer*. On fait autant de fois cette série d'opérations qu'il y a de tons à imprimer; on peut arriver couramment à tirer au moins douze couleurs et plus. Dans la pratique on se contente d'un nombre moindre.

Pour une grande production on a construit des presses travaillant maintenant avec des encres colorées, comme les presses lithographiques.

---

(1) *Tonindustrie Zeitung*, 1901, p. 663.

Certains industriels livrent au commerce les chromolithographies toutes préparées.

Pour appliquer ce papier imprimé et faire adhérer le décor, il faut recourir à une mixture spéciale. Les mixtures sont composées différemment suivant les fabricants. On emploie l'essence, on se sert aussi de mélange de poix blanche et de térébenthine de Venise dissous dans l'essence. Le vernis copal étendu d'essence peut constituer aussi une mixture.

Une fois la mixture posée soit sur la pièce ou le papier, soit aussi sur les deux objets, on applique le dessin. On presse pour faciliter l'adhérence et l'on sépare par l'action de l'eau.

On a perfectionné beaucoup ces papiers et maintenant certains papiers, comme ceux de la Zieherdrück Anstalt de Glogau, ne nécessitent plus l'emploi d'une mixture. Ils se détachent du papier par l'action de l'eau. Le dessin est posé sur une pellicule qui se sépare très facilement par immersion. On pose le décor un peu différemment. C'est le papier supportant la pellicule, rendue libre par trempage dans l'eau, que l'on applique à l'endroit à décorer. Puis on fait glisser le papier sur la pellicule qui tombe sur la surface de la pièce.

La chromolithographie est très employée dans le décor de la porcelaine du commerce.

CHAPITRE XVI.

IMPORTANCE DE L'INDUSTRIE CÉRAMIQUE.

Il est très difficile d'avoir une appréciation exacte de l'impor-
ance d'une industrie si l'on ignore, d'une part, ce qu'elle
ccupe d'ouvriers et, d'un autre côté, quel est son commerce.

Voici quelques renseignements concernant les pays les plus
mportants. N'ayant pu nous procurer avec certitude l'état actuel
le chaque nation en 1904 nous nous reporterons à des don-
ées plus anciennes présentant le plus de garantie.

France. — Le recensement professionnel de 1896 accusait :

	Nombre	
	d'ouvriers.	d'établissements.
'réparation des pâtes à porcelaine et fabrication.	10500	104
'réparation de la porcelaine	300	

	Nombre	
Industries.	d'ouvriers.	d'établissements.
Faïencerie	10000	96
Décoration de faïence et porcelaine.	2500	82
Poterie de terre	6000	243
Carreaux céramiques	2200	64
Grès	900	36
Tuilerie, poterie	31000	1054
Briques	15000	689

Soit un total de 78400 ouvriers répartis dans 2368 fabriques.

La statistique des douanes donne les sommes suivantes pour

G.

l'importation et l'exportation en 1898 :

	Importations.	Exportations.
	fr	fr
Produits réfractaires..........	15 568 200	2 472 650
Tuyaux de drainage...........	2 960	241 300
Pots à fleurs.................	9 615	78 865
Pipes.......................	67 800	533 050
Terre commune...............	144 619	634 095
Poteries cuites en grès........	235 558	848 434
Carreaux céramiques..........	761 680	3 840 560
Faïences fines................	1 355 640	2 940 170
Porcelaines blanches...........	591 220	4 388 685
» décorées...........	3 082 050	7 089 761
» biscuit.............	743 850	29 848
Total..........	22 583 192	20 111 427

Allemagne. — En 1898, on comptait :

	Nombre	
Industries.	d'ouvriers.	de fabriques.
Porcelaine.........................	34 030	187
Peinture sur porcelaine.............	872	72
Grès..............................	17 087	70
Kaolins (mines)...................	216	16
Poêles............................	10 083	343
Poteries..........................	1 503	116
Dallage...........................	1 021	18

Pour l'importation et l'exportation en 1898, la commission des douanes a donné :

Importation.	Exportation.
4 250 000fr	54 250 000fr

ainsi décomposés pour la faïence et la porcelaine :

	Importation.	Exportation.
	fr	fr
Faïences.....................	2 625 000	12 125 000
Porcelaines blanches..........	250 000	4 250 000
» peintes...........	1 375 000	38 125 000

Autriche-Hongrie. — Il y a dans ce pays une fabrication de porcelaine florissante en Bohême; on compte dans les environs de Carlsbad environ 50 usines.

L'importation et l'exportation en 1898 ont été respectivement de 7456610^fr et 23675507^fr.

Les exportations les plus importantes pour l'Autriche-Hongrie sont : la porcelaine blanche et la porcelaine décorée qui sont évaluées pour les sommes de 1673425^fr et 11168078^fr.

Grande-Bretagne. — L'industrie céramique anglaise occupe une place très honorable.

Voici les résultats de l'année 1899 :

	Importations.	Exportations.
Poteries et grès..............	22887200^fr	4258625^fr
Faïences et porcelaines		46788275

Les autres pays d'Europe n'ont pas l'importance de ceux que nous venons de citer, certains d'entre eux sont en train de se développer, par exemple la Russie et l'Italie, et fermeront d'ici peu la porte à beaucoup d'importations.

Amérique. — Aux États-Unis on vient de faire de grands efforts et le nombre des fabriques est déjà respectable.

Voici quelle était la situation en 1899 :

Nombre de fabriques.	Ouvriers.	Production.	Importation.	Exportation.
6423	110896	477669310^fr	40208155^fr	4019450^fr

FIN.

INDEX ALPHABÉTIQUE.

VOCABULAIRE

DES TERMES TECHNIQUES PRINCIPAUX EMPLOYÉS EN CÉRAMIQUE
EN LANGUES ALLEMANDE, ANGLAISE ET FRANÇAISE.

Abdrehen, TOURNASSER, *Turn*.
ALANDIER, *Firing*, **Pultfeuerung**.
Annular Kiln, **Ringofen**, FOUR HOFFMANN CIRCULAIRE.
ARGILE, *Clay*, **Thon**, **Ton**.
Aufdrehen, ÉBAUCHER, *Throwing*.
BARBOTINE, *Slip*, *Slop*, **Giessschlicker**.
BASCULE PORTE-CALIBRE, *Jolley*, **Schablonenhalter**
Beguss, ENGOBE, *Dip*.
BISCUIT, *Biscuit*, **unglaziertes Geschirr**, **Biscuit**.
Blockmühle, MOULIN A BLOCS, *Grinding Mill*.
Brick, **Ziegel**, BRIQUE.
BRIQUE, *Brick*, **Ziegel**.
CALCINE, *Putty*, **Zinnasche**.
CALIBRE, *Profile*, **Schablone**.
Casting, **Giessen**, COULAGE.
China, **Porzellan**, PORCELAINE.
China Clay, **Porzellanerde**, **Kaolin**, KAOLIN.
China-stone, synonyme de *Cornwall* ou *Cornish-stone*.
Clay, **Ton**, **Thon**, ARGILE.
Cone of Seger, **Segerkegel**, MONTRE DE SEGER.
COULAGE, *Casting*, **Giessen**.
COULEUR DE MOUFLE, *Enamel colour*, **Muffelfarbe**.
COUVERTE, **Glasur**, *Glaze*.
Crack, **Haarrisse**, TRESSAILLURE.
CRAIE, *Whiting*, **Kreide**.
CREUSET, *Crucible*, **Tiegel**.
Crucible, **Tiegel**, CREUSET.
Dachziegel, *Tile*, TUILE.
DÉGOURDI, **Geschriett**.
Dip, **Beguss**, ENGOBE.
Drehscheibe, *Lathe*, *Wheel*, TOUR.
Drehspindel, *Jigger*, AXE DE TOUR A CALIBRER.
Drehstuhl, syn. de **Drescheibe**.
Dry Body, **feines Steinzeug**, GRÈS FIN.

Earthenware, **Steingut**, FAIENCE FINE.
ÉBAUCHER, *Throwing,* **Aufdrehen.**
ÉMAIL, *Enamel,* **Email.**
Émail, ÉMAIL, *Enamel.*
Enamel, **Émail**, ÉMAIL.
Enamel colour, **Muffelfarbe**, COULEUR DE MOUFLE.
ENGOBE, *Engobe,* **Beguss.**
ESTÈQUE, synonyme de calibre, mais désigne aussi le système le supportant.
FAIENCE COMMUNE, *Fayance, common Earthenware, Delftware,* **Fayence.**
FAIENCE FINE, *Earthenware,* **Steingut.**
FELDSPATH, *Felspar,* **Feldspath.**
Felspar, FELDSPATH, **Feldspath.**
Firing, **Pultfeuerung**, ALANDIER.
Feines Steinzeug, GRÈS FIN, *Dry Body.*
Form, MOULE, *Mould.*
FOUR, *Oven, Kiln,* **Ofen.**
FOUR CONTINU, *Perpetual Kiln,* **Ofen mit ununterbrochenem Betrieb.**
FOUR HOFFMANN CIRCULAIRE, *Annular Kiln,* **Ringofen.**
GAZETTE, *Saggar,* **Kapsel.**
Giessschlicker, BARBOTINE, *Slip.*
Giessen, COULAGE, *Casting.*
GLAÇURE, *Glaze,* **Glasur.**
Glätte, LITHARGE, *Lead oxyde.*
Glasur, GLAÇURE, *Glaze.*
Glaze, **Glasur**, GLAÇURE.
Glimmer, *Mica,* MICA.
GRÈS CÉRAME, *Stone-ware,* **Steinzeug.**
GRÈS FIN, *Dry Body,* **feines Steinzeug.**
Grinding mill, **Blockmühle**, MOULIN A BLOCS.
Gyps, Gips, PLATRE, *Plaster.*
Haarrisse, TRESSAILLURE, *Crack.*
Hard-Kiln, **Muffel**, MOUFLE.
Jigger, **Drehspindel**, TOUR A CALIBRER.
Jolley, **Schablonenhalter**, BASCULE PORTE-CALIBRE.
KAOLIN, *China-Clay,* **Kaolin, Porzellanerde.**
Kapsel, GAZETTE, *Saggar.*
Knetemaschine, MALAXEUR, *Pug mill.*
Kreide, CRAIE, *Whiting.*
Kugelmühle, MOULIN A BILLES, *Pulverizing mill.*
Lathe, synonyme de *Wheel.*
Lead oxyde, **Glätte**, LITHARGE.
LITHARGE, *Lead oxyde,* **Glätte.**
Mahlmühle, MOULIN A MEULES, *Roller mill.*
MALAXEUR, **Thonschneider, Knetemaschine**, *Pug mill.*
Marl, **Mergel**, MARNE.
MARNE, *Marl,* **Mergel.**
Mergel, MARNE, *Marl.*
MICA, *Mica,* **Glimmer**
Mill, **Mühle**, MOULIN.

MONTRE DE SEGER, *Cone of Seger*, **Segerkegel**.
MOUFLE, *Hard-Kiln*, **Muffel**.
MOULE, *Mould*, **Form**.
MOULIN A BILLES, *Pulverizing mill*, **Kugelmühle**.
MOULIN A BLOCS, *Grinding mill*, **Blockmühle**.
MOULIN A MEULES, *Roller mill*, **Mahlmühle**.
Muffel, MOUFLE, *Hard-Kiln*.
Muffelfarbe, COULEUR DE MOUFLE, *Enamel colour*.
Mühle, MOULIN, *Mill*.
Ofen, FOUR, *Oven*, *Kiln*.
Ofen mit ununterbrochenem Betrieb, FOUR CONTINU, *Perpetual Kiln*.
Oven, **Ofen**, FOUR.
PERNETTE, *Pinn*, **Pinne**.
Perpetual Kiln, **Ofen mit ununterbrochenem Betrieb**, FOUR CONTINU.
Pinn, **Pinne**, PERNETTE.
Pinne, PERNETTE, *Pinn*.
Plaster, **Gyps**, PLATRE.
PLATRE, *Plaster*, **Gyps**.
PORCELAINE, *China*, **Porzellan**.
PORCELAINE DURE, *Hard Porcelain*, **hartes Porzellan**.
PORCELAINE TENDRE, *soft Porcelain*, **weiches Porzellan**.
Porcelain, **Porzellan**, PORCELAINE.
Porzellan, PORCELAINE, *China*, *Porcelain*.
Profil, **Schablone**, CALIBRE.
Pug mill, **Knetemaschine**, MALAXEUR.
Pultfeuerung, ALANDIER, *Firing*.
Pulverizing mill, **Kugelmühle**, MOULIN A BILLES.
Putty, **Zinnasche**, CALCINE.
Roller mill, **Mahlmühle**, MOULIN A MEULES.
Saggar, **Kapsel**, GAZETTE.
Schablone, CALIBRE, *Profile*.
Schablonenhalter, BASCULE PORTE-CALIBRE, *Jolley*.
Scherben, TESSON.
Segerkegel, MONTRE DE SEGER, *Cone of Seger*.
Sieb, TAMIS, *Sieve*.
Sieve, **Sieb**, TAMIS.
Slip, **Giessschlicker**, BARBOTINE.
Slop, voyez *Slip*.
Soft China, **weiches Porzellan**, PORCELAINE TENDRE.
Steinzeug, GRÈS CÉRAME, *Stone-ware*.
Stone-ware, **Steinzeug**, GRÈS CÉRAME.
TAMIS, *Sieve*, **Sieb**.
TESSON, **Scherben**.
Thon, ARGILE, *Clay*.
Thonschneider, MALAXEUR, *Pug mill*.
Throwing, **Aufdrehen**, EBAUCHE.
Tiegel, CREUSET, *Crucible*.
Tile, TUILE, **Dachziegel**.
Ton, synonyme de **Thon**.

Tour, *Wheel*, **Drehscheibe**.
Tour a calibrer, *Jigger*, **Drehspindel**.
Tournasser, *Dicing*, **Aufdrehen**.
Tressaillure, *Crack*, **Haarrisse**.
Tuile, *Tile*, **Dachziegel**.
Ziegel, Brique, *Brick*.
Zinnasche, Calcine, *Putty*.
Wheel, **Drehscheibe**, Tour.
Whiting, **Kreide**, Craie.

ERRATA.

Page 54, ligne 26, *au lieu de* $Bi O^3$, *lire* $Bi^2 O^3$.

Page 59, ligne 20, *au lieu de* Il faut opérer sur des liqueurs exemptes..., *lire* Il faut opérer sur des liqueurs acidulées par l'acide chlorhydrique dans lequel le dérivé nickelique se dissout....

Page 59, ligne 27, *à la suite de* que l'on sépare par filtration, *ajouter* après l'avoir lavé avec de l'eau à 12 pour 100 d'acide chlorhydrique,

Page 114, ligne 21, *lire* En entraînant les blocs au moyen de la rotation du plateau, ceux-ci viennent buter sur des palettes et se déchirer, etc.

Page 144, ligne 16, colonne Kaolin, *au lieu de* 4,27, *lire* 2,27.

Page 144, ligne 23, *au lieu de* 4,27 *x*, *lire* 2,27 *x*.

Page 161, ligne 13, *au lieu de* D, *lire* A.

Page 188, ligne 1, *au lieu de* sont des presses hydrauliques, *lire* sont des presses à balancier ou des presses hydrauliques.

Page 307, dernière ligne, *au lieu de* fabrication allemande, *lire* fabrication flamande.

Page 308, ligne 20, *ajouter* En pratique on protège plus simplement la meule en plaçant des paillassons face au vent.

Page 337, ligne 7, *lire* Façonnage en pâte dure....

Page 522, ligne 27, la formule donnée au-dessous de cette ligne est une répétition de celle donnée plus loin.

Page 528, avant-dernière ligne, *après* aspersion, *ajouter* ou par insufflations répétées.

Page 575, *au-dessus de* couverte écaille, *intercaler* On passe au dégourdi de porcelaine.

Nota. — Le lecteur trouvera dans les renvois à des publications allemandes, *Thon* et *Ton*. La seconde manière d'écrire ce mot est correcte; elle est moderne.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE V.

PRÉPARATION DES PATES.

CHAPITRE VI.

FAÇONNAGE.

CHAPITRE VII.

SÉCHAGE ET ENCASTAGE DES POTERIES.

CHAPITRE VIII.

CUISSON DES POTERIES.

CHAPITRE IX.

GLAÇURES, COUVERTES, ÉMAUX.

CHAPITRE X.

TERRES CUITES.

CHAPITRE XI.

PRODUITS RÉFRACTAIRES.

CHAPITRE XII.

FAIENCES.

CHAPITRE XIII.

GRÈS.

CHAPITRE XIV.

PORCELAINES.

CHAPITRE XV.

DÉCORATION.

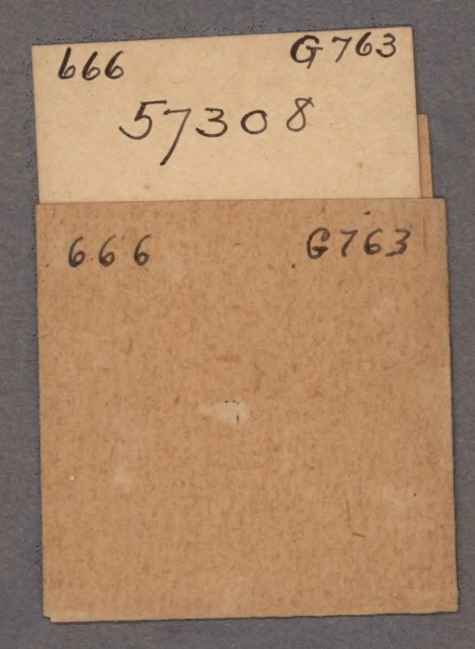
CHAPITRE XVI.

IMPORTANCE DE L'INDUSTRIE CÉRAMIQUE.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

35993 Paris. — Imprimerie Gauthier-Villars, quai des Grands-Augustins, 55.

Date Due


666 G763
57308
666 G763


GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00000 4529

